

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi digital telah menjadi salah satu faktor yang mendorong perubahan pada berbagai sektor kehidupan, termasuk dalam penyelenggaraan pendidikan. Seiring dengan berkembangnya teknologi digital, proses belajar perlu memanfaatkan berbagai perangkat dan media yang mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna serta mendukung kesiapan peserta didik menghadapi tantangan abad ke-21 (Fricticarani et al., 2023; Lin et al., 2022). Kebijakan pendidikan yang berlaku turut menekankan pengembangan kompetensi peserta didik secara utuh melalui pencapaian delapan dimensi profil lulusan, salah satunya adalah penalaran kritis (Kemendikdasmen, 2025). Dimensi penalaran kritis mencakup kemampuan menganalisis masalah, mengevaluasi informasi dan argumen, menghubungkan gagasan yang relevan, serta merefleksikan proses berpikir dalam pengambilan keputusan, yang berkaitan erat dengan keterampilan berpikir kritis dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, keterampilan berpikir kritis penting dikembangkan agar peserta didik mampu menganalisis informasi, menilai bukti, memecahkan permasalahan, dan mengambil keputusan secara logis berdasarkan fakta. Sebaliknya, keterampilan berpikir kritis yang belum berkembang dapat menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam menghadapi permasalahan yang membutuhkan penalaran dan pengambilan keputusan secara tepat, sehingga dapat menghambat proses pembelajaran (Ariadila et al., 2023; Iftirosy et al., 2025).

Pentingnya keterampilan berpikir kritis menjadi semakin relevan dalam pembelajaran fisika karena penguasaan fisika tidak hanya berkaitan dengan pemahaman konsep dan penggunaan rumus, tetapi juga melibatkan kemampuan mengamati fenomena, mengolah dan menilai data, mengevaluasi hasil pengamatan, serta merumuskan kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah (Puspitasari, 2024). Proses tersebut menuntut peserta didik untuk menggunakan penalaran dalam menghubungkan konsep dengan fenomena yang diamati serta menentukan kesimpulan berdasarkan bukti yang diperoleh. Dengan demikian, keterampilan

berpikir kritis memiliki peran penting dalam membantu peserta didik memahami konsep fisika secara lebih mendalam dan mengaitkannya dengan berbagai fenomena yang terjadi di lingkungan sekitarnya.

Pada kenyataannya, kondisi ideal tersebut masih belum dapat direalisasikan secara maksimal. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih belum optimal. Budiwiguna et al. (2022) melaporkan bahwa penguasaan keterampilan berpikir kritis peserta didik masih memerlukan peningkatan untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Pada pembelajaran fisika, Amelia dan Chusni (2024) menemukan bahwa indikator memberikan penjelasan lebih lanjut hanya mencapai persentase 37,21%, yang menunjukkan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan dalam mengembangkan penjelasan secara lebih mendalam terhadap permasalahan fisika. Kondisi tersebut sejalan dengan temuan Irmayanti et al. (2025) yang menunjukkan bahwa 55% peserta didik berada pada kategori keterampilan berpikir kritis rendah. Temuan tersebut menunjukkan bahwa dalam pembelajaran fisika masih terdapat peserta didik yang mengalami kesulitan dalam menggunakan penalaran untuk menjelaskan, menganalisis, dan menyelesaikan permasalahan berdasarkan informasi atau bukti yang tersedia. Dengan demikian, keterampilan berpikir kritis masih menjadi aspek yang perlu diperkuat dalam pembelajaran fisika.

Kondisi yang tidak jauh berbeda juga teridentifikasi pada salah satu SMA swasta kota Bandung berdasarkan hasil pemberian soal keterampilan berpikir kritis, penyebaran angket analisis kebutuhan kepada peserta didik, dan wawancara dengan guru fisika. Hasil angket menunjukkan bahwa peserta didik membutuhkan dukungan pembelajaran untuk memahami materi gelombang bunyi (66%), penggunaan alat praktikum dan LKPD (66%), serta pemanfaatan teknologi dalam kegiatan pembelajaran (74%). Selain itu, sebanyak 72% peserta didik menyatakan membutuhkan pengembangan keterampilan berpikir kritis dan 72% menunjukkan kebutuhan terhadap edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS). Hasil tersebut menunjukkan adanya kebutuhan peserta didik terhadap pembelajaran yang tidak hanya mendukung pemahaman konsep, tetapi juga memberikan

pengalaman praktikum, memanfaatkan teknologi, dan memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kritis secara terpadu.

Kebutuhan peserta didik tersebut diperkuat oleh hasil wawancara dengan guru fisika. Pembelajaran materi gelombang bunyi telah memanfaatkan berbagai media, seperti *PowerPoint*, *PhET*, dan *OLabs*, tetapi kegiatan praktikum belum optimal karena keterbatasan alat yang tersedia di sekolah. Guru juga mengungkapkan bahwa materi gelombang bunyi tergolong cukup kompleks sehingga peserta didik memerlukan pengulangan pembahasan untuk memahami konsep secara utuh. Keterbatasan kegiatan praktikum menyebabkan peserta didik belum memperoleh kesempatan yang memadai untuk melakukan pengamatan, pengukuran, dan analisis data secara langsung terhadap fenomena gelombang bunyi. Kondisi tersebut dapat membatasi kesempatan peserta didik dalam menghubungkan konsep dengan fenomena yang diamati, menggunakan data hasil pengamatan sebagai dasar analisis, serta merumuskan kesimpulan berdasarkan bukti yang diperoleh. Oleh karena itu, diperlukan pembelajaran yang lebih kontekstual dan didukung kegiatan eksperimen agar peserta didik memperoleh pengalaman langsung dalam mengamati fenomena, mengolah data, menganalisis hasil pengamatan, dan membangun pemahaman berdasarkan proses penyelidikan.

Selain hasil angket dan wawancara tersebut, kondisi keterampilan berpikir kritis peserta didik juga diperkuat melalui hasil pengukuran secara langsung. Pengukuran keterampilan berpikir kritis dilakukan menggunakan instrumen yang diadaptasi dari Khotimah (2024). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih memerlukan peningkatan, sebagaimana disajikan secara lengkap pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Hasil Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik

Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Nilai Rata-rata	Kategori
Memberikan penjelasan sederhana	50	Rendah
Membangun keterampilan dasar	58	Rendah
Menyimpulkan	24	Rendah
Membuat penjelasan lebih lanjut	29	Rendah
Strategi dan taktik	37	Rendah
Rata-rata	39	Rendah

Keterampilan berpikir kritis yang dimiliki peserta didik masih memerlukan perhatian lebih lanjut. Perolehan nilai rata-rata sebesar 39 menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik berada pada kategori rendah berdasarkan klasifikasi Riduwan (2015), yaitu 0–60 (rendah), 61–80 (sedang), dan 81–100 (tinggi). Seluruh indikator yang diukur juga berada pada kategori rendah, dengan capaian terendah pada indikator menyimpulkan sebesar 24 dan tertinggi pada indikator membangun keterampilan dasar sebesar 58. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta didik masih menghadapi kesulitan dalam memproses informasi, menganalisis hasil pengamatan, dan merumuskan kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Kondisi ini memperkuat perlunya pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat dalam kegiatan penyelidikan, eksperimen, dan pemecahan masalah guna mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan tersebut, dapat diidentifikasi bahwa masalah pokok dalam pembelajaran fisika pada materi gelombang bunyi bukan hanya terletak pada rendahnya keterampilan berpikir kritis peserta didik, tetapi juga belum tersedianya media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan kegiatan praktikum, pemanfaatan teknologi digital, serta perangkat pembelajaran yang mendukung proses penyelidikan. Kondisi tersebut mengakibatkan peserta didik belum memperoleh pengalaman belajar yang mampu memfasilitasi proses pengamatan, penyelidikan, analisis data, dan penarikan kesimpulan secara sistematis dalam memahami konsep gelombang bunyi.

Masalah tersebut semakin relevan untuk dikaji pada materi gelombang bunyi yang memiliki karakteristik konsep yang saling berkaitan dan memerlukan kemampuan analisis dalam memahami hubungan antar besaran fisis. Materi gelombang bunyi mencakup berbagai konsep, antara lain frekuensi, cepat rambat bunyi, intensitas bunyi, dan taraf intensitas bunyi yang menuntut peserta didik untuk memahami konsep sekaligus menghubungkannya dengan fenomena yang dapat diamati dalam kehidupan sehari-hari. Karakteristik materi yang sebagian bersifat abstrak dapat menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep yang dipelajari dengan fenomena nyata di lingkungan

sekitar (Koryataini et al., 2024). Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan kesalahan dalam memahami konsep apabila pembelajaran lebih banyak disampaikan secara teoritis tanpa didukung pengalaman langsung melalui kegiatan eksperimen (Fitria et al., 2023).

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kegiatan eksperimen memiliki peran penting dalam mendukung pembelajaran gelombang bunyi, khususnya dalam memberikan pengalaman belajar yang memungkinkan peserta didik mengamati fenomena, melakukan pengukuran, dan menganalisis data secara langsung. Kegiatan eksperimen tidak hanya membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual yang lebih konkret, tetapi juga memberikan kesempatan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui proses penyelidikan dan pengolahan bukti empiris (Saputra & Diyana, 2025; Widiarini et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan alternatif pembelajaran yang tetap dapat memberikan pengalaman eksperimen secara langsung dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efektif.

Pemanfaatan teknologi berbasis *smartphone* menjadi salah satu solusi alternatif guna mengatasi keterbatasan alat praktikum. *Smartphone* berpotensi menjadi sarana pendukung yang efektif dalam pelaksanaan pembelajaran, terutama sebagai sumber pembelajaran tambahan bagi para peserta didik. Pada praktiknya, pemanfaatan *smartphone* dalam kegiatan pembelajaran selama ini masih sebatas pada pencarian informasi dan belum dioptimalkan sebagai instrumen pengukuran dalam kegiatan praktikum fisika. Padahal, kemajuan teknologi pada dasarnya memungkinkan *smartphone* difungsikan sebagai alat ukur melalui berbagai aplikasi berbasis sensor yang dapat membantu proses pengamatan, pengukuran, dan pengumpulan data eksperimen secara praktis dan efisien (Widya et al., 2025). Beberapa aplikasi yang dapat dimanfaatkan dalam eksperimen fisika di antaranya *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS), *Phyphox*, *Sensor Kinetics*, dan aplikasi sejenis lainnya yang memanfaatkan sensor bawaan *smartphone* untuk memperoleh data pengukuran secara langsung.

Physics Toolbox Sensor Suite (PTSS) dapat diimplementasikan dalam pengajaran fisika. Aplikasi ini memanfaatkan sensor-sensor yang terintegrasi dalam

ponsel pintar, sehingga dapat berfungsi sebagai alat ukur dalam berbagai percobaan fisika (Hasibuan & Harahap, 2025). Pada materi gelombang bunyi, fitur *Tone Detector* dapat dimanfaatkan untuk mengukur frekuensi bunyi, sedangkan fitur *Sound Meter* dapat digunakan untuk mengukur taraf intensitas bunyi. Kehadiran aplikasi ini memberikan kemudahan bagi peserta didik dalam memperoleh data eksperimen secara lebih mudah, efisien, dan praktis. Sejalan dengan hal tersebut, Distrik et al. (2024) mengungkapkan bahwa penerapan PTSS berkontribusi dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika, mendorong keaktifan belajar, serta mengurangi terjadinya miskonsepsi pada peserta didik.

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, penerapan PTSS secara mandiri tetap memiliki sejumlah keterbatasan. Hasibuan dan Harahap (2025) mengungkapkan bahwa pemanfaatan PTSS dalam pembelajaran fisika masih tergolong terbatas. Pada dasarnya, aplikasi ini hanya berperan sebagai instrumen pengukuran sehingga tetap membutuhkan media pendukung yang mampu menghadirkan fenomena fisika secara nyata dan dapat diamati langsung. Dengan demikian, penggunaan PTSS akan lebih efektif jika dipadukan dengan bahan ajar fisik yang memungkinkan dilakukannya eksperimen secara sistematis.

Edukatif kit menjadi salah satu upaya untuk mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis eksperimen. Edukatif kit merupakan paket pembelajaran yang menggabungkan alat, bahan, dan panduan dalam satu sistem terstruktur untuk mendukung kegiatan eksperimen (Darwanis et al., 2024). Penggunaannya memungkinkan peserta didik melakukan pengamatan, pengukuran, pengumpulan data, hingga penarikan kesimpulan berdasarkan hasil eksperimen, sehingga dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret sekaligus mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis. Pada materi gelombang bunyi, edukatif kit dapat memanfaatkan alat musik sederhana, seperti *recorder* dan *xylophone* sebagai sumber bunyi, serta pipa transparan untuk mendukung kegiatan eksperimen. Penggunaan alat tersebut memungkinkan peserta didik menghubungkan konsep fisika dengan fenomena nyata sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual (Rizqullah & Sukmayadi, 2025; Yunus & Syarif, 2024).

Perpaduan edukatif kit dengan aplikasi PTSS berpotensi menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan kegiatan praktikum sekaligus mendukung pembelajaran gelombang bunyi yang lebih bermakna dan kontekstual. Edukatif kit memungkinkan peserta didik mengamati fenomena bunyi secara langsung, sedangkan PTSS membantu melakukan pengukuran dan memperoleh data melalui sensor *smartphone*. Integrasi keduanya memungkinkan peserta didik menggabungkan pengalaman eksperimen dengan pemanfaatan teknologi melalui kegiatan pengamatan, pengukuran, analisis data, dan penarikan kesimpulan berdasarkan bukti empiris, sehingga dapat mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis (Darwanis et al., 2024; Distrik et al., 2024). Integrasi tersebut juga selaras dengan kebutuhan pembelajaran yang teridentifikasi pada studi pendahuluan.

Pengembangan keterampilan berpikir kritis melalui pemanfaatan edukatif kit dan aplikasi PTSS perlu didukung oleh model pembelajaran yang selaras dengan karakteristik materi dan tujuan pembelajaran. Model inkuiri terbimbing dipilih karena melibatkan peserta didik dalam proses penyelidikan secara bertahap dengan bimbingan guru. Saputra dan Diyana (2025) mengkaji penerapan inkuiri terbimbing dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada pembelajaran fisika. Saputra (2025) menunjukkan relevansi inkuiri terbimbing dalam mendukung keterampilan proses sains melalui kegiatan penyelidikan fisika. Susilowati et al. (2024) juga mengkaji penerapan inkuiri terbimbing dalam melatih keterampilan berpikir kritis. Temuan tersebut memperkuat pemilihan model inkuiri terbimbing karena selaras dengan penggunaan edukatif kit berbantuan PTSS yang melibatkan kegiatan eksperimen, pengukuran, analisis data, dan penarikan kesimpulan.

Berdasarkan kajian literatur dan hasil studi pendahuluan, penelitian terdahulu yang ditelusuri menunjukkan bahwa pemanfaatan aplikasi PTSS, pengembangan alat praktikum fisik, penggunaan LKPD, dan penerapan model inkuiri terbimbing umumnya dikaji sebagai komponen pembelajaran secara terpisah. Berdasarkan kajian yang dilakukan, belum ditemukan pengembangan media pembelajaran yang secara terpadu mengintegrasikan edukatif kit untuk praktikum gelombang bunyi, aplikasi PTSS sebagai instrumen pengukuran

smartphone, serta LKPD dengan model inkuiri terbimbing dalam satu kesatuan media pembelajaran. Oleh karena itu, kebaruan terletak pada pengembangan edukatif kit berbantuan PTSS yang memadukan komponen fisik berupa alat dan bahan praktikum gelombang bunyi, komponen digital berupa aplikasi PTSS, serta komponen pedagogis berupa LKPD dan panduan penggunaan kit. Integrasi ketiga komponen tersebut dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang memungkinkan peserta didik melakukan pengamatan, pengukuran, pengumpulan dan analisis data, serta penarikan kesimpulan melalui proses penyelidikan ilmiah secara sistematis, sehingga dapat mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan pengembangan media pembelajaran berupa edukatif kit berbantuan aplikasi PTSS yang dipadukan dengan LKPD menggunakan model inkuiri terbimbing untuk mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi. Oleh karena itu, dilakukan pengembangan media pembelajaran yang berjudul **"Pengembangan Edukatif Kit Berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Gelombang Bunyi"**.

B. Rumusan Masalah

Masalah-masalah yang diidentifikasi dalam bagian latar belakang, kemudian dirumuskan lebih lanjut menjadi pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Bagaimana kebutuhan peserta didik terhadap desain edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi?
2. Bagaimana desain edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi?
3. Bagaimana kelayakan edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi?

4. Bagaimana keterlaksanaan penggunaan edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) pada materi gelombang bunyi?
5. Bagaimana peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan setelah menggunakan edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS)?

C. Tujuan Penelitian

Rumusan masalah yang telah dipaparkan menjadi landasan dalam penyusunan tujuan penelitian adalah untuk menganalisis:

1. Kebutuhan peserta didik terhadap desain edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
2. Desain edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
3. Kelayakan edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi.
4. Keterlaksanaan penggunaan edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) pada materi gelombang bunyi.
5. Peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan setelah menggunakan edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS).

D. Manfaat Penelitian

Kontribusi yang dihasilkan mencakup dua aspek utama, yaitu pengembangan kajian teoretis serta penerapannya dalam praktis untuk meningkatkan pengajaran fisika, terutama terkait dengan topik gelombang bunyi. Manfaat yang diharapkan dijelaskan sebagai berikut:

1. Manfaat Teoretis

Secara teoretis, berpotensi memperluas kajian dalam pengembangan media pembelajaran fisika berbasis teknologi, khususnya edukatif kit berbantuan PTSS yang dirancang dengan model inkuiri terbimbing sehingga peserta didik memperoleh pengalaman investigasi yang mendukung penguatan keterampilan berpikir kritis terkait gelombang bunyi. Temuan ini berpotensi menjadi referensi

dalam pengembangan bahan ajar fisika yang berfokus pada praktikum serta pemanfaatan teknologi digital.

2. Manfaat Praktis

a. Peserta Didik

Pemanfaatan edukatif kit berbantuan PTSS diharapkan dapat mendukung terbentuknya pemahaman peserta didik terhadap konsep gelombang bunyi melalui kegiatan praktis berbasis teknologi. Produk hasil pengembangan diharapkan dapat menghadirkan lingkungan belajar yang mendorong keterlibatan peserta didik dalam setiap kegiatan pembelajaran. Kondisi tersebut diharapkan berkontribusi terhadap penguatan keterampilan berpikir kritis.

b. Guru

Produk yang telah dikembangkan diharapkan dapat berfungsi sebagai salah satu referensi belajar untuk mendukung proses pembelajaran fisika melalui eksperimen langsung dan pemanfaatan teknologi. Perangkat pembelajaran yang didukung Melalui pemanfaatan PTSS, guru dapat memanfaatkan hasil sebagai pedoman dalam merancang pengalaman belajar yang relevan sehingga penguasaan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dapat ditingkatkan.

c. Sekolah

Edukatif kit berbantuan PTSS diharapkan dapat menjadi salah satu inovasi yang mendukung peningkatan mutu pembelajaran fisika dengan mengintegrasikan perkembangan teknologi ke dalam kegiatan belajar. Produk yang dihasilkan juga diharapkan dapat berfungsi sebagai alat pembelajaran alternatif yang mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 peserta didik.

E. Definisi Operasional

Guna menghindari terjadinya kesalahpahaman dalam penafsiran, disajikan definisi operasional atas beberapa istilah yang digunakan sebagai berikut:

1. Edukatif Kit Berbantuan PTSS

Edukatif kit berbantuan PTSS adalah produk pembelajaran fisika yang dikembangkan berupa seperangkat alat praktikum gelombang bunyi yang terdiri atas alat musik *recorder* dan *xylophone*, LKPD yang disusun berdasarkan model pembelajaran inkuiri terbimbing, panduan penggunaan kit, serta komponen

pendukung lainnya yang diintegrasikan dengan aplikasi PTSS sebagai alat bantu pengukuran dan visualisasi data bunyi. Produk ini dikembangkan melalui tahap perancangan desain yang disesuaikan dengan capaian pembelajaran, karakteristik materi gelombang bunyi, dan kebutuhan peserta didik. Kelayakan produk ditentukan melalui validasi oleh ahli materi, ahli media, dan guru fisika menggunakan instrumen validasi. Keterlaksanaan penggunaan edukatif kit berbantuan PTSS diukur melalui lembar observasi yang diisi oleh dua orang observer selama proses pembelajaran berlangsung. Edukatif kit berbantuan PTSS digunakan dalam pembelajaran fisika pada materi gelombang bunyi untuk membantu peserta didik melakukan eksperimen secara sistematis, mulai dari merumuskan masalah, melakukan pengamatan, melakukan pengukuran menggunakan fitur PTSS seperti *Tone Detector* dan *Sound Meter*, menganalisis data hasil pengukuran, hingga menarik kesimpulan.

2. Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing

Model pembelajaran inkuiri terbimbing dalam penelitian ini merupakan model pembelajaran yang digunakan sebagai dasar pelaksanaan pembelajaran pada materi gelombang bunyi dengan mengacu pada tahapan inkuiri terbimbing. Model ini dioperasionalkan melalui kegiatan pembelajaran yang meliputi orientasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengumpulan data melalui kegiatan praktikum menggunakan edukatif kit berbantuan aplikasi PTSS, pengujian hipotesis, serta penarikan kesimpulan. Selama proses pembelajaran, guru berperan sebagai fasilitator yang memberikan bimbingan pada setiap tahap penyelidikan, sedangkan peserta didik berperan aktif dalam melakukan pengamatan, pengukuran, analisis data, dan penyusunan kesimpulan berdasarkan hasil praktikum.

3. Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir kritis mengacu pada kapasitas peserta didik dalam melakukan analisis, evaluasi, serta sintesis informasi secara logis dan sistematis saat mempelajari gelombang bunyi. Keterampilan ini diukur menggunakan instrumen penilaian berpikir kritis versi Ennis dengan aspek memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, memberikan penjelasan lanjut, serta mengatur strategi dan taktik. Pengukuran

keterampilan berpikir kritis peserta didik dilakukan menggunakan tes berpikir kritis yang telah melalui tahap validasi, yang terdiri dari 12 soal uraian, dengan jumlah soal yang disesuaikan dengan cakupan materi serta mengacu pada lima indikator berpikir kritis yang telah disebutkan sebelumnya. Skor keterampilan berpikir kritis dievaluasi dari *pretest* (sebelum menggunakan edukatif kit berbantuan PTSS) dan *posttest* (setelah menggunakan edukatif kit berbantuan PTSS) yang kemudian dianalisis peningkatannya menggunakan uji *N-Gain (normalized gain)*.

4. Materi Gelombang Bunyi

Materi gelombang bunyi dalam penelitian ini merupakan materi fisika fase F pada jenjang SMA/MA yang mencakup karakteristik bunyi (frekuensi), cepat rambat bunyi di udara menggunakan metode resonansi, serta intensitas dan taraf intensitas bunyi. Materi tersebut diimplementasikan melalui kegiatan praktikum menggunakan edukatif kit berbantuan aplikasi *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS). Pada pelaksanaannya, peserta didik melakukan pengamatan, pengukuran, pengumpulan data, analisis data, dan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil praktikum sehingga materi gelombang bunyi menjadi konteks dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

F. Kerangka Berpikir

Hasil studi pendahuluan di salah satu SMA swasta kota Bandung menunjukkan bahwa pembelajaran fisika pada materi gelombang bunyi masih menghadapi beberapa kendala. Hasil wawancara dengan guru menunjukkan bahwa kegiatan praktikum belum terlaksana secara optimal karena keterbatasan alat yang tersedia, sedangkan hasil angket menunjukkan adanya kebutuhan peserta didik terhadap penggunaan alat praktikum, LKPD, pemanfaatan teknologi, dan pengembangan keterampilan berpikir kritis. Hasil pengukuran awal keterampilan berpikir kritis juga memperoleh nilai rata-rata sebesar 39 yang termasuk kategori rendah. Temuan tersebut menunjukkan perlunya pembelajaran yang mampu mengintegrasikan kegiatan praktikum, pemanfaatan teknologi, dan pengembangan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.

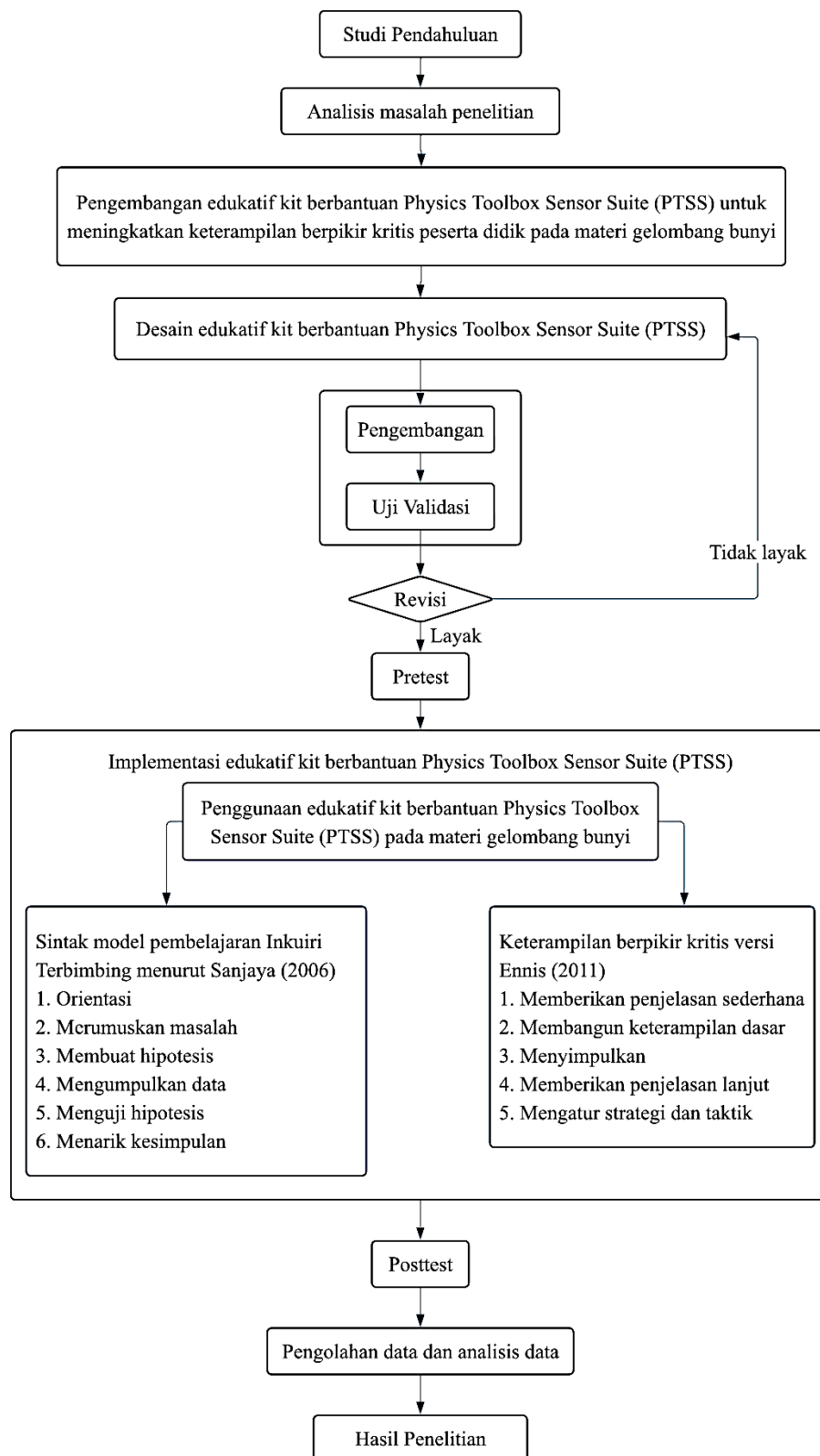
Kurikulum Merdeka menekankan penguatan kompetensi abad ke-21, salah satunya keterampilan berpikir kritis. Pada pembelajaran fisika, keterampilan tersebut diperlukan agar peserta didik mampu menganalisis fenomena, menginterpretasikan hasil eksperimen, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih tergolong rendah sehingga perlu ditingkatkan melalui pembelajaran yang lebih bermakna (Budiwiguna et al., 2022; Amelia & Chusni, 2024).

Rendahnya keterampilan berpikir kritis berkaitan dengan berbagai aspek pembelajaran, seperti keterbatasan sarana dan prasarana pembelajaran berbasis teknologi (Artha et al., 2025; Sukiastini, 2024), ketidaksesuaian media dengan karakteristik materi (Susilowati et al., 2024), serta minimnya aktivitas praktikum *hands-on* akibat keterbatasan alat laboratorium (Supadi et al., 2025). Pada materi gelombang bunyi, sebagian konsep seperti frekuensi, panjang gelombang, cepat rambat bunyi, dan resonansi bersifat abstrak sehingga cukup menantang bagi peserta didik untuk menghubungkannya dengan fenomena nyata (Fitria et al., 2023; Koryataini et al., 2024). Pembelajaran yang hanya mengandalkan penjelasan verbal dan visual tanpa eksperimen langsung berpotensi menyebabkan pemahaman konsep dan pengembangan keterampilan berpikir kritis belum optimal.

Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pemanfaatan aplikasi PTSS yang menggunakan sensor *smartphone* sebagai instrumen pengukuran untuk memperoleh data eksperimen secara praktis. Namun, penggunaannya secara mandiri belum optimal sehingga memerlukan media fisik yang mendukung kegiatan praktikum (Distrik et al., 2024; Hasibuan & Harahap, 2025). Oleh karena itu, dikembangkan edukatif kit berbantuan PTSS yang mengintegrasikan komponen fisik berupa alat praktikum gelombang bunyi, komponen digital berupa aplikasi PTSS, serta komponen pedagogis berupa LKPD dan panduan penggunaan kit. Integrasi tersebut dirancang untuk mendukung kegiatan praktikum yang sistematis sekaligus memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kritis.

Model pembelajaran inkuiri terbimbing dipilih karena selaras dengan pengembangan keterampilan berpikir kritis melalui proses penyelidikan yang tetap memperoleh arahan dari guru (Putri & Wahyudi, 2022). Melalui model ini, peserta didik diarahkan untuk merumuskan masalah, menyusun hipotesis, melakukan eksperimen menggunakan edukatif kit berbantuan PTSS, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti. LKPD dirancang untuk mengarahkan proses tersebut melalui pertanyaan pemantik yang disesuaikan dengan indikator keterampilan berpikir kritis, yaitu *elementary clarification*, *basic support*, *inference*, *advanced clarification*, serta *strategy and tactics*. Integrasi edukatif kit berbantuan PTSS dengan model inkuiri terbimbing memberikan pengalaman belajar yang menggabungkan kegiatan praktikum, pemanfaatan teknologi, dan penyelidikan ilmiah untuk mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.

Berdasarkan keterpaduan tersebut, edukatif kit berbantuan PTSS memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memperoleh data pengukuran secara real-time yang selanjutnya dianalisis melalui tahapan inkuiri terbimbing. Proses ini mendorong peserta didik untuk mengidentifikasi masalah, menguji hipotesis, menganalisis data, mengevaluasi hasil, dan menyusun kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah. Oleh karena itu, penggunaan edukatif kit berbantuan PTSS yang diintegrasikan dengan model inkuiri terbimbing diharapkan dapat mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi. Alur kerangka berpikir penelitian disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir

G. Hipotesis

1. H_0 : Tidak terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis yang signifikan pada peserta didik sebelum dan setelah menggunakan edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) dalam pembelajaran materi gelombang bunyi.
2. H_a : Terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis yang signifikan pada peserta didik sebelum dan setelah menggunakan edukatif kit berbantuan *Physics Toolbox Sensor Suite* (PTSS) dalam pembelajaran materi gelombang bunyi.

H. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang relevan diperlukan sebagai landasan teoretis sekaligus pembanding dalam memperkuat argumen dan arah. Beberapa penelitian terdahulu yang relevan sebagai pendukung diuraikan sebagai berikut:

1. Hasibuan dan Harahap (2025) dengan judul "Penggunaan Aplikasi *Physics Toolbox Sensor Suite* dalam Menginterpretasi Grafik Momentum Sudut sebagai Media Pembelajaran Fisika Teknik" menunjukkan bahwa aplikasi PTSS layak digunakan sebagai media pembelajaran praktikum dan mampu meningkatkan kemampuan peserta didik dalam memahami serta menginterpretasi grafik momentum sudut. Nilai *N-Gain* kelas eksperimen yang menggunakan aplikasi PTSS sebesar 0,72 dengan kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol berada pada kategori sedang dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,59.
2. Atalay dan Kızıdoğan (2025) dengan judul "*Reliability of Dynamic Balance Test with A Mobile Application of Physics Toolbox Suite*" menunjukkan bahwa aplikasi PTSS dapat digunakan sebagai alat objektif yang andal untuk menilai keseimbangan dinamis di kalangan para profesional kesehatan dan atlet. PTSS dievaluasi terhadap 22 orang dalam tiga sesi pengujian, yaitu *Anterior-Posterior Stability Index* (APSI) dengan skor rata-rata 2,59; *Medial-Lateral Stability Index* (MLSI) dengan skor rata-rata 2,21; dan *Overall Stability Index* (OSI) dengan skor rata-rata 3,58.

3. Maulidina et al. (2024) dengan judul "Peningkatan Kemampuan Interpretasi Grafik Peserta Didik melalui Aplikasi *Physics Toolbox Sensor Suite* pada Pembelajaran Gerak Harmonik Sederhana" menunjukkan bahwa aplikasi PTSS secara signifikan meningkatkan keterampilan interpretasi grafik peserta didik dibandingkan dengan kegiatan praktikum manual. Hasil analisis *N-Gain* menunjukkan kategori tinggi (0,71) pada kelas eksperimen dan kategori sedang (0,50) pada kelas kontrol.
4. Distrik et al. (2024) dengan judul "*The Effect of E-LKPD Based on Physics Toolbox Sensor Suite on Simple Harmonic Motion Material on High School Students' Understanding of Physics Concepts*" menunjukkan bahwa rata-rata *N-Gain* pada kelas eksperimen berada pada kategori tinggi (0,73), sedangkan kelas kontrol berada pada kategori sedang (0,58). Hasil tersebut menunjukkan bahwa E-LKPD berbantuan PTSS mampu meningkatkan pemahaman konsep fisika, khususnya pada materi getaran. Selain itu, penggunaan E-LKPD dengan PTSS dapat membantu peserta didik memahami konsep dan meningkatkan aktivitas belajar selama proses pembelajaran.
5. Amelia et al. (2023) dengan judul "Rancang Bangun Alat Praktikum Resonansi Bunyi dengan Menentukan Cepat Rambat Bunyi di Udara pada Pipa Kecil dan Pipa Besar" menunjukkan bahwa alat praktikum resonansi bunyi yang dirancang untuk menentukan perbedaan cepat rambat bunyi di udara pada pipa kecil dan pipa besar menghasilkan data percobaan yang sesuai dengan teori, di mana tidak terdapat perbedaan hubungan antara frekuensi dan panjang kolom udara.
6. Lestariana (2022) dengan judul "Pengembangan Alat Praktikum Resonansi Bunyi dengan Tabung Kundt Berbantuan Perangkat Lunak *Visual Analyser*" menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan layak digunakan dan memberikan kemudahan bagi peserta didik dalam melakukan pengukuran fenomena resonansi bunyi secara lebih akurat dan efisien dibandingkan dengan peralatan konvensional.

7. Musliman dan Kasman (2022) dengan judul "Efektivitas Model Inkuiri Terbimbing untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Konsep Fisika yang Bersifat Abstrak" menunjukkan bahwa model inkuiri terbimbing terbukti mampu mengasah keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA pada materi fisika, perolehan nilai *N-Gain* sebesar 0,71 berdasarkan hasil analisis mencerminkan peningkatan dengan kriteria tinggi.
8. Wulandari et al. (2022) dengan judul "Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing (*Guided Inquiry*) Berbantuan Media *Power Point* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa" menunjukkan perolehan *N-Gain* sebesar 0,61 yang berada pada kriteria sedang mengindikasikan bahwa penerapan model inkuiri terbimbing berbantuan media *Power Point* memberikan kontribusi terhadap penguatan keterampilan berpikir kritis pada peserta didik.
9. Mat et al. (2023) dengan judul "Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa melalui Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Virtual Lab pada Model Inkuiri Terbimbing" menunjukkan penguatan keterampilan berpikir kritis pada pembelajaran sains, khususnya fisika, menjadi salah satu hasil yang tampak dari penerapan model inkuiri terbimbing.
10. Siregar dan Ramadhani (2025) dengan judul "Pengembangan LKPD Digital Berbasis Inkuiri Terbimbing Berbantuan *Liveworksheets* pada Materi Suhu dan Kalor" menunjukkan bahwa E-LKPD yang dirancang berlandaskan model inkuiri terbimbing layak diterapkan dalam kegiatan pembelajaran fisika serta mampu menumbuhkan kemampuan analisis peserta didik.

Telaah terhadap berbagai penelitian terdahulu memungkinkan identifikasi aspek-aspek yang memiliki kesamaan maupun perbedaan. Hasil identifikasi tersebut disajikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Persamaan	Perbedaan
1.	Hasibuan & Harahap (2025)	Penggunaan Aplikasi <i>Physics Toolbox Sensor Suite</i> dalam Menginterpretasi Grafik Momentum Sudut sebagai Media Pembelajaran Fisika Teknik	Memanfaatkan aplikasi PTSS sebagai media pendukung kegiatan eksperimen dalam pembelajaran fisika.	Materi kinematika (grafik momentum), bukan gelombang bunyi. Fokus pada pemahaman konsep grafik, bukan melatih keterampilan berpikir kritis. Tidak menggunakan edukatif kit fisik sebagai media pendukung. Tidak menggunakan LKPD inkuiri terbimbing.
2.	Atalay & Kızıldoğan (2025)	<i>Reliability of Dynamic Balance Test with A Mobile Application of Physics Toolbox Suite</i>	Menggunakan aplikasi <i>Physics Toolbox Sensor Suite</i> untuk eksperimen.	Fokus pada <i>dynamic balance test</i> , bukan gelombang bunyi. Tidak menggunakan edukatif kit fisik. Tidak melatih keterampilan berpikir kritis. Konteksnya adalah keandalan pengukuran, bukan pengembangan media pembelajaran.
3.	Maulidina et al. (2024)	Peningkatan Kemampuan Interpretasi Grafik Peserta Didik melalui Aplikasi <i>Physics Toolbox Sensor Suite</i> pada Pembelajaran	Memanfaatkan aplikasi PTSS dalam pelaksanaan eksperimen terkait interferensi gelombang.	Penerapan <i>discovery learning</i> , sementara model inkuiri terbimbing tidak digunakan dalam proses pembelajaran. Materi interferensi gelombang, bukan

No	Penulis	Judul	Persamaan	Perbedaan
		Gerak Harmonik Sederhana		gelombang bunyi secara umum. Tidak menggunakan edukatif kit fisik yang terstruktur. Fokus pada pemahaman konsep, bukan keterampilan berpikir kritis.
4.	Distrik et al. (2024)	<i>The Effect of E-LKPD Based on Physics Toolbox Sensor Suite on Simple Harmonic Motion Material on High School Students' Understanding of Physics Concepts</i>	Menggunakan aplikasi <i>Physics Toolbox Sensor Suite</i> berbantuan E-LKPD untuk eksperimen. Menggunakan LKPD sebagai media pembelajaran.	Menggunakan E-LKPD digital, bukan edukatif kit fisik. Materi osilasi harmonik, bukan gelombang bunyi. Fokus pada hasil belajar kognitif, bukan keterampilan berpikir kritis. Gap penting: menyatakan PTSS memerlukan media pendukung untuk optimalisasi belajar.
5.	Amelia et al. (2023)	Rancang Bangun Alat Praktikum Resonansi Bunyi dengan Menentukan Cepat Rambat Bunyi di Udara pada Pipa Kecil dan Pipa Besar	Mengembangkan alat praktikum fisika terkait gelombang bunyi (resonansi). Menggunakan eksperimen <i>hands-on</i> untuk pemahaman konsep. Untuk tingkat SMA/MA.	Menggunakan pipa resonansi tradisional, bukan edukatif kit terintegrasi. Tidak menggunakan aplikasi <i>smartphone</i> (<i>Physics Toolbox Sensor Suite</i>). Tidak fokus pada berpikir kritis, hanya pemahaman konsep. Tidak menggunakan LKPD inkuiri terbimbing.

No	Penulis	Judul	Persamaan	Perbedaan
6.	Lestariana (2022)	Pengembangan Alat Praktikum Resonansi Bunyi dengan Tabung Kundt Berbantuan Perangkat Lunak <i>Visual Analyser</i>	Mengembangkan alat praktikum gelombang bunyi (resonansi). Berbantuan <i>software</i> untuk membantu analisis data. Menggunakan model ADDIE untuk pengembangan. Validasi ahli materi dan media.	Menggunakan <i>software desktop (Visual Analyser)</i> , bukan aplikasi <i>smartphone</i> yaitu <i>Physics Toolbox Sensor Suite</i> . Alat lebih kompleks (Tabung Kundt), bukan kit sederhana. Tidak fokus pada berpikir kritis. Tidak terintegrasi dengan LKPD inkuiri terbimbing.
7.	Musliman & Kasman (2022)	Efektivitas Model Inkuiri Terbimbing untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Konsep Fisika yang Bersifat Abstrak	Model inkuiri terbimbing terbukti efektif mengembangkan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi terlihat dari hasil uji <i>N-Gain</i> yang memperoleh nilai 0,71 dan berada pada kategori tinggi.	Tidak memanfaatkan edukatif kit fisik maupun aplikasi <i>Physics Toolbox Sensor Suite</i> . Tidak mengembangkan produk (hanya penerapan model pembelajaran). Materi fisika abstrak secara umum, tidak spesifik gelombang bunyi.
8.	Wulandari et al. (2022)	Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing (<i>Guided Inquiry</i>) Berbantuan Media <i>Power Point</i> Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa	Penerapan model pembelajaran berbasis penyelidikan terpandu kepada peserta didik SMA, dalam penelitian <i>pretest-posttest control group design</i> terbukti keterampilan berpikir kritis peserta didik	Berbantuan media <i>PowerPoint</i> , bukan edukatif kit fisik. Tidak menggunakan aplikasi <i>Physics Toolbox Sensor Suite</i> . Tidak mengembangkan LKPD atau produk pembelajaran. Materi fisika umum (tidak spesifik gelombang bunyi).

No	Penulis	Judul	Persamaan	Perbedaan
			mengalami peningkatan yang signifikan setelah penerapan pembelajaran tersebut.	
9.	Mat et al. (2023)	Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Virtual Lab Pada Model Inkuiri Terbimbing	Lembar kerja menggunakan inkuiri terbimbing. Mengembangkan berpikir kritis. Adanya interaksi antara LKPD inkuiri + virtual lab dengan berpikir kritis.	LKPD berbasis virtual lab (digital), bukan edukatif kit fisik. Tidak menggunakan aplikasi <i>Physics Toolbox Sensor Suite</i> . Materi fisika umum (tidak spesifik gelombang bunyi). Tingkat SMP, bukan SMA.
10.	Siregar & Ramadhani (2025)	Pengembangan LKPD Digital Berbasis Inkuiri Terbimbing Berbantuan <i>Liveworksheets</i> pada Materi Suhu dan Kalor	Lembar kerja inkuiri terbimbing, sesuai model ADDIE dalam rangka pelajaran fisika, telah menghasilkan hasil validasi yang tergolong “sangat valid”, dengan kelayakan sebesar 95% (sangat layak), serta hasil <i>pretest-posttest</i> dengan <i>N-Gain</i> tinggi (0,89–0,90).	Memanfaatkan LKPD digital berbasis <i>Liveworksheets</i> , bukan edukatif kit fisik, dengan materi suhu dan kalor, bukan gelombang bunyi. Tidak memanfaatkan aplikasi PTSS serta tidak berfokus pada keterampilan berpikir kritis, melainkan pada hasil belajar kognitif peserta didik.

Kajian tersebut memperlihatkan bahwa aplikasi PTSS memiliki potensi besar sebagai sarana pendukung pembelajaran fisika sekaligus kegiatan eksperimen. Temuan yang dilaporkan oleh Hasibuan dan Harahap (2025), Atalay dan Kızıldoğan (2025), Maulidina et al. (2024), serta Distrik et al. (2024) memperlihatkan bahwa PTSS dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu pengukuran

maupun analisis data pada berbagai materi fisika. Fokus masih dominan pada pemahaman konsep, interpretasi grafik, dan peningkatan hasil belajar kognitif sehingga pengembangan keterampilan berpikir kritis melalui integrasi media pembelajaran belum menjadi perhatian utama.

Pemanfaatan alat praktikum pada materi gelombang bunyi juga telah banyak dikembangkan dalam penelitian sebelumnya. Amelia et al. (2023) serta Lestariana (2022) menunjukkan bahwa kegiatan eksperimen dengan memanfaatkan alat praktikum dapat menunjang pemahaman peserta didik terhadap konsep secara lebih nyata. Meskipun demikian, fungsi alat yang dikembangkan pada umumnya masih berorientasi pada pelaksanaan eksperimen semata, kondisi tersebut menyebabkan integrasi teknologi berbasis *smartphone* dengan perangkat pembelajaran yang mendukung penguatan keterampilan berpikir kritis masih memerlukan penyempurnaan.

Musliman dan Kasman (2022), Wulandari et al. (2022), Mat et al. (2023), serta Siregar dan Ramadhani (2025) menegaskan bahwa penguatan keterampilan berpikir kritis dapat dicapai melalui penerapan strategi pembelajaran yang bervariasi. Penguatan keterampilan berpikir kritis dan peningkatan capaian belajar menjadi salah satu hasil yang tampak dari pemanfaatan LKPD yang dipadukan dengan pendekatan inkuiri terbimbing. Kendati demikian, penerapan model dan perangkat pembelajaran tersebut masih dilaksanakan secara terpisah dari pemanfaatan edukatif kit berbantuan PTSS pada materi gelombang bunyi.

Analisis terhadap berbagai penelitian terdahulu memperlihatkan adanya celah yang masih perlu dikaji lebih lanjut. Pengintegrasian edukatif kit fisik, aplikasi PTSS, dan LKPD dalam satu kesatuan media pembelajaran pada materi gelombang bunyi masih jarang ditemukan. Kajian mengenai integrasi ketiga komponen tersebut dan kontribusinya terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik masih belum banyak dilakukan. Hal yang baru dalam hal ini adalah pengembangan edukatif kit berbantuan PTSS, yang dilengkapi dengan LKPD inkuiri terbimbing serta panduan penggunaan kit tersebut, guna meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik terkait topik gelombang bunyi.