

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pendidikan abad ke-21 menghadapi tuntutan perubahan akibat perkembangan globalisasi dan teknologi, sehingga membawa perubahan besar pada berbagai aspek kehidupan. Kondisi ini menuntut manusia untuk mampu menghadapi tantangan baru, beradaptasi dengan perubahan, bersaing dalam skala global, khususnya di bidang pendidikan (Rahayu et al., 2023). Paradigma pendidikan kini tidak lagi sekedar berfokus pada transfer pengetahuan, melainkan juga pada pengembangan kemampuan berpikir kritis, kreatif dan reflektif (Nurhayati et al., 2024). Konteks pendidikan pembelajaran fisika, kemampuan berpikir kritis diperlukan agar peserta didik tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga mampu menganalisis fenomena, mengevaluasi bukti, dan memecahkan masalah secara logis

Peserta didik dihadapkan pada berbagai fenomena dan permasalahan dalam pembelajaran yang memerlukan kemampuan menganalisis konsep, mengevaluasi informasi, menginterpretasikan bukti, serta menyusun alasan berdasarkan fakta. Dalam pembelajaran fisika, kemampuan tersebut diperlukan agar peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga mampu menghubungkan konsep dengan fenomena yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, keterampilan berpikir kritis menjadi salah satu kemampuan yang penting untuk dikembangkan dalam proses pembelajaran fisika (Ariadila, 2023).

Studi literatur menyatakan pentingnya keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran fisika didukung oleh berbagai penelitian bahwa pembelajaran fisika memiliki karakteristik yang memungkinkan pengembangan keterampilan berpikir kritis melalui kegiatan penyelidikan, pengumpulan data, analisis bukti, dan penarikan kesimpulan. Penelitian Sanjaya et al. (2017) menunjukkan bahwa modul berbasis BIL efektif meningkatkan literasi sains peserta didik. Penelitian Suciati et al. (2016) juga membuktikan bahwa penerapan BIL mampu meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dalam kegiatan laboratorium sehingga berdampak pada peningkatan keterampilan proses sains. Selain itu, penelitian Indriana (2017) memperoleh nilai *N-gain* sebesar 0,52 dengan kategori sedang, yang menunjukkan

bahwa model BIL efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains peserta didik. Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa model *Bounded Inquiry Laboratory* memiliki potensi yang baik untuk meningkatkan kemampuan peserta didik dan layak dijadikan sebagai alternatif model pembelajaran dalam upaya meningkatkan kualitas proses dan keterampilan berpikir kritis.

Studi pendahuluan dilaksanakan melalui wawancara dengan guru mata pelajaran fisika, diperoleh informasi bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih tergolong rendah. Guru juga menyampaikan bahwa hanya sebagian kecil peserta didik yang memiliki pengetahuan awal yang memadai sebelum pembelajaran dimulai. Selain itu, peserta didik masih kurang percaya diri dalam mengemukakan pendapat, belum siap mengikuti pembelajaran, serta cenderung bergantung pada telepon genggam untuk memperoleh jawaban secara instan daripada menganalisis informasi dari berbagai sumber. Pada materi gelombang bunyi, guru umumnya masih menggunakan media sederhana, seperti garpu tala. Menurut Sriwahyuni & Muharleni (2026), keterbatasan media pembelajaran menyebabkan peserta didik belum memperoleh pengalaman investigasi yang memadai sehingga mengalami kesulitan dalam memahami konsep secara mendalam dan mengaitkannya dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari.

Penyebaran angket kepada peserta didik kelas XI IPA, diketahui bahwa sebagian besar peserta didik memiliki ketertarikan terhadap pembelajaran fisika berbasis eksperimen karena dapat membantu peserta didik memahami fenomena sains secara lebih nyata dan mendorong kemampuan berpikir kritis. Namun, hasil angket juga menunjukkan bahwa proses pembelajaran yang selama ini diterapkan belum sepenuhnya memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk melakukan penyelidikan, mengeksplorasi permasalahan, serta menarik kesimpulan secara mandiri.

Selain melalui wawancara dengan guru, indentifikasi kondisi awal peserta didik juga dilakukan melalui studi pendahuluan berupa pemberian instrumen tes keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi. Jumlah soal yang diujikan berjumlah 12 butir soal bersumber dari Khatimah (2022) yang mencakup

indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (2011) yang terdiri dari memberikan penjelasan dasar (*elementary clarification*), membangun keterampilan dasar (*basic support*), membuat kesimpulan (*inference*), memberikan penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*), dan mengatur strategi dan taktik (*strategy and tactics*). Hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan mendapatkan hasil keterampilan berpikir kritis peserta didik disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Hasil Tes Keterampilan Berpikir Kritis

No	Indikator	Hasil Rata-rata	Kategori
1	Memberikan penjelasan dasar	42,00	Rendah
2	Membangun keterampilan dasar	33,00	Rendah
3	Membuat kesimpulan	40,00	Rendah
4	Memberikan penjelasan lanjut	43,00	Rendah
5	Mengatur strategi dan taktik	34,00	Rendah
Rata-rata		39,00	

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang diperoleh melalui angket, wawancara kepada guru dan peserta didik memperoleh sejumlah permasalahan terkait lemahnya keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran fisika. Temuan ini diperkuat dengan hasil tabel 1.1 terdapat rata-rata keterampilan berpikir kritis berada pada rentang 33,00 hingga 43,00 kategori ini termasuk tingkat keterampilan berpikir kritis yang masih rendah, jika merujuk pada standar penilaian dari Adil et al. (2023) skor rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 39,00 yang menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis masih berada pada tingkat yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik belum berhasil menguasai komponen-komponen utama keterampilan berpikir kritis secara optimal. Maka dari itu diperlukannya model pembelajaran yang lebih sistematis, berkelanjutan dan sesuai dengan kondisi nyata dikelas untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik secara signifikan (Anisa et al., 2021).

Permasalahan tersebut juga ditemukan pada pembelajaran materi gelombang bunyi. Gelombang bunyi merupakan salah satu materi fisika yang memiliki karakteristik abstrak karena sebagian besar konsepnya tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik dituntut untuk memahami berbagai konsep seperti frekuensi, periode, cepat rambat bunyi, resonansi, intensitas bunyi, dan efek Doppler yang memerlukan kemampuan analisis serta penalaran yang baik

(Simbolon, 2025). Berdasarkan hasil wawancara dengan guru, angket peserta didik, dan studi pendahuluan yang telah dilakukan, diketahui bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran fisika masih tergolong rendah. Kondisi ini menunjukkan perlunya pembelajaran yang mampu melibatkan peserta didik secara aktif dalam proses penyelidikan dan mendorong pengembangan keterampilan berpikir kritis secara optimal.

Salah satu model pembelajaran yang digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis adalah *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) (Wenning, 2005). Model pembelajaran ini peserta didik didorong untuk mengeksplorasi konsep fisika melalui eksperimen. Model ini meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik sekaligus mendorong keterlibatan aktif mereka dalam pembelajaran (Ain et al., 2024). Karakteristik utama *model Bounded Inquiry Laboratory* terletak pada keterlibatan aktif peserta didik dalam proses investigasi dan pengambilan keputusan berdasarkan data eksperimen.

Peserta didik dituntut untuk mengidentifikasi hubungan antarvariabel, menganalisis hasil percobaan, menginterpretasikan data, serta mengomunikasikan hasil penyelidikan yang telah dilakukan. Aktivitas tersebut sejalan dengan indikator keterampilan berpikir kritis yang meliputi kemampuan memberikan penjelasan, membangun argumen berdasarkan bukti, membuat kesimpulan, memberikan penjelasan lanjut, dan menentukan strategi penyelesaian masalah. Hal ini memberikan dasar yang kuat untuk mengadopsi model ini pada pembelajaran fisika, khususnya gelombang bunyi. Meskipun *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) memiliki potensi besar, penerapannya memerlukan adaptasi sesuai dengan kondisi sekolah, seperti ketersediaan fasilitas laboratorium dan kompetensi guru (Nurfitasari et al., 2024).

Model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* memiliki kelebihan, yaitu mampu mendorong peserta didik untuk aktif melakukan penyelidikan, melatih keterampilan berpikir kritis, serta meningkatkan pemahaman konsep melalui kegiatan praktikum. Namun, dalam penerapannya model ini memerlukan perencanaan pembelajaran yang matang, pengelolaan praktikum yang baik, serta waktu yang relatif lebih lama dibandingkan pembelajaran konvensional.

Kelemahan tersebut dapat diminimalkan melalui pemanfaatan aplikasi *Phyphox* yang memungkinkan peserta didik memperoleh data eksperimen secara cepat, akurat, dan *real-time* dengan memanfaatkan sensor pada *smartphone*, sehingga pelaksanaan praktikum menjadi lebih efektif dan efisien (Muliana, 2024).

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa *Problem Based Learning* (PBL) telah menjadi model pembelajaran yang terbiasa diterapkan dalam proses pembelajaran. Penerapan PBL menjadi bagian dari kebiasaan pembelajaran di kelas, sehingga peserta didik terbiasa mengikuti kegiatan pembelajaran melalui penyajian permasalahan, diskusi, penyelidikan, dan pemecahan masalah. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, model PBL diterapkan pada kelas kontrol sebagai pembanding terhadap penerapan model *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) pada kelas eksperimen. Penggunaan PBL sebagai model pembelajaran pada kelas kontrol didasarkan pada pertimbangan bahwa model tersebut telah familiar bagi peserta didik dan sesuai dengan pembelajaran yang selama ini diterapkan di kelas.

Karakteristik *Problem Based Learning* (PBL) ditunjukkan melalui aktivitas pembelajaran yang berpusat pada pemecahan masalah, investigasi mandiri, diskusi kelompok, serta penyajian hasil penyelesaian masalah. Model ini memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membangun pengetahuan secara aktif melalui proses pencarian solusi terhadap suatu permasalahan. Model PBL juga berpotensi mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dan layak digunakan sebagai pembanding dalam penelitian ini Prani et al. (2018).

Kelebihan utama model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) terletak pada kemampuannya menciptakan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik melalui penyajian permasalahan nyata sebagai pemicu belajar. Model ini mendorong peserta didik untuk mengeksplorasi berbagai sumber informasi, mengembangkan kemampuan berpikir kritis, bekerja sama dalam kelompok, serta menghasilkan solusi yang didasarkan pada hasil analisis. Peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu menerapkannya dalam menyelesaikan permasalahan yang relevan. Di sisi lain, penerapan *Problem Based Learning* membutuhkan persiapan yang matang, pengelolaan kelas yang efektif, serta alokasi

waktu yang lebih panjang karena setiap tahap pembelajaran harus dilaksanakan secara sistematis (Misyani et al., 2025).

Kedua model pembelajaran tersebut memiliki karakteristik yang sama dalam mendorong keterlibatan aktif peserta didik, meningkatkan keterampilan berpikir kritis, serta membangun pemahaman konsep melalui pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Namun, keduanya memiliki pendekatan yang berbeda. *Bounded Inquiry Laboratory* berfokus pada kegiatan penyelidikan dan eksperimen yang dilakukan secara terarah dengan bimbingan guru untuk menemukan konsep berdasarkan hasil pengamatan. *Problem Based Learning* berfokus pada penyelesaian masalah kontekstual sebagai pemicu peserta didik dalam memperoleh dan mengembangkan pengetahuan. Penerapan kedua model pembelajaran tersebut memberikan peluang untuk mengetahui model yang lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi (Fauzi, 2023).

Berdasarkan penelitian terdahulu, model pembelajaran berbasis inkuiri maupun inkuiri berbantuan aplikasi *Phyphox* terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan peserta didik. Penelitian Prani et al. (2018) menunjukkan bahwa *Bounded Inquiry Laboratory* mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis secara signifikan, sedangkan penelitian Yunita (2025) dan Jannnah et al. (2026) membuktikan bahwa penggunaan aplikasi *Phyphox* dalam pembelajaran berbasis inkuiri memberikan dampak positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penelitian yang mengintegrasikan model *Bounded Inquiry Laboratory* dengan aplikasi *Phyphox* pada materi gelombang bunyi masih sangat terbatas.

Penelitian ini memanfaatkan aplikasi *Phyphox* (*Physical Phone Experiments*) sebagai media praktikum berbasis *smartphone*. *Phyphox* merupakan aplikasi yang memanfaatkan berbagai sensor pada telepon pintar untuk melakukan eksperimen fisika secara langsung. Materi gelombang bunyi, aplikasi ini dapat digunakan untuk mengukur frekuensi bunyi, menganalisis gelombang suara, serta menampilkan data eksperimen secara real-time. Penggunaan *Phyphox* diharapkan dapat membantu peserta didik memvisualisasikan konsep-konsep gelombang bunyi yang abstrak

sehingga proses pembelajaran menjadi lebih menarik, interaktif, dan berbasis data (May, 2023).

Berdasarkan permasalahan yang ditemukan di lapangan serta hasil studi literatur yang telah dipaparkan, masih diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi. Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada penerapan model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* berbantuan aplikasi *Phyphox* sebagai media pendukung kegiatan praktikum. Integrasi model pembelajaran dan teknologi tersebut diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, mempermudah peserta didik dalam memperoleh data eksperimen secara akurat, serta mendorong mereka untuk melakukan analisis dan penarikan kesimpulan secara kritis. Melalui uraian latar belakang yang dijelaskan sebelumnya, maka penelitian ini berjudul "Penerapan Model Pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Gelombang Bunyi."

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan indentifikasi dan analisis masalah maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana keterlaksanaan proses pembelajaran menggunakan model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) berbantuan *Phypox* pada kelas XI-3 dan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan *Phypox* pada kelas XI-4?
2. Bagaimana perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah diterapkan model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) berbantuan *Phypox* pada kelas XI-3 dan *Problem Based Learning* (PBL) pada kelas XI-4 berbantuan *Phypox* pada materi gelombang bunyi?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka peneliti bertujuan untuk mengetahui:

1. Keterlaksanaan proses pembelajaran menggunakan model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory (BIL)* berbantuan *Phypox* pada kelas XI-3 dengan model pembelajaran *Problem Based Learning (PBL)* berbantuan *Phypox* pada kelas XI-4.
2. Perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah diterapkan model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory (BIL)* berbantuan *Phypox* pada kelas XI-3 dan *Problem Based Learning (PBL)* berbantuan *Phypox* pada kelas XI-4 pada materi gelombang bunyi.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian yang diharapkan dapat tercapai dari penelitian ini terdiri dari manfaat teoritis dan manfaat praktis, yaitu:

1. Manfaat Teoretis

Secara teoritis hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap penerapan model pembelajaran fisika, khususnya mengenai penerapan model *Bounded Inquiry Laboratory (BIL)* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi peneliti, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengalaman dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran fisika menggunakan model *Bounded Inquiry Laboratory* dan *Problem Based Learning* berbantuan *Phypox* serta meningkatkan kemampuan peneliti dalam melakukan penelitian pendidikan.
- b. Bagi peserta didik, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar melalui kegiatan penyelidikan dan praktikum berbasis data sehingga dapat membantu mengembangkan keterampilan berpikir kritis, khususnya dalam menganalisis informasi, menginterpretasikan data, dan menarik kesimpulan.
- c. Bagi guru, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam memilih dan menerapkan model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* maupun *Problem Based Learning* yang didukung oleh media praktikum digital

seperti *Phyphox* untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

- d. Bagi sekolah, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan bahan pertimbangan dalam mengembangkan inovasi pembelajaran fisika, khususnya melalui pemanfaatan model pembelajaran dan teknologi digital yang mendukung kegiatan praktikum.

E. Definisi Operasional

Untuk menghindari perbedaan penafsiran berkaitan dengan istilah-istilah dalam penelitian ini, maka perlu didefinisikan secara operasional adalah sebagai berikut:

1. Model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) berbantuan *Phyphox*

Model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) merupakan model pembelajaran berbasis inkuiri yang memberikan batasan terarah kepada peserta didik dalam melakukan eksplorasi sehingga tetap fokus pada tujuan pembelajaran. Melalui model ini, peserta didik terlibat aktif dalam proses penyelidikan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Sintaks BIL meliputi: a. Observasi, b. Manipulasi, c. Generalisasi, d. Verifikasi, e. Aplikasi. Kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model *Bounded Inquiry Laboratory* di bantu dengan LKPD sebagai panduan kegiatan penyelidikan dan aplikasi *Phyphox* sebagai alat bantu pada kegiatan praktikum untuk melakukan pengamatan, pengukuran, dan memperoleh data eksperimen secara *real-time* melalui sensor smartphone. Keterlaksanaan kegiatan ini diukur menggunakan lembar observasi (LO) yang diisi oleh tiga observer dan dilakukan pada saat pembelajaran berlangsung. Pembelajaran dengan menggunakan model BIL terdapat 20 aktivitas guru, dan 20 aktivitas peserta didik meliputi pendahuluan, inti, penutup.

2. Model Pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan *Phyphox*

Model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) suatu model pembelajaran yang diawali dengan pemberian permasalahan yang berkaitan dengan materi pembelajaran kepada peserta didik. Model PBL memiliki lima tahapan pembelajaran, yaitu a. orientasi peserta didik, b. mengorganisasikan peserta didik

untuk belajar, c. membimbing penyelidikan, d. mengembangkan dan menyajikan hasil karya, e. menganalisis serta mengevaluasi proses pemecahan masalah. Kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model *Problem Based Learning* di bantu dengan LKPD sebagai panduan kegiatan penyelidikan dan aplikasi *Phyphox* sebagai alat bantu pada kegiatan praktikum untuk melakukan pengamatan, pengukuran, dan memperoleh data eksperimen secara *real-time* melalui sensor *smartphone*. Keterlaksanaan kegiatan ini diukur menggunakan lembar observasi (LO) yang diisi oleh tiga observer dan dilakukan pada saat pembelajaran berlangsung. Pembelajaran dengan menggunakan model PBL terdapat 20 aktivitas guru, dan 20 aktivitas peserta didik meliputi pendahuluan, inti, penutup.

3. Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir kritis adalah cara berpikir logis yang difokuskan pada pengambilan keputusan yang akan dilakukan. Keterampilan berpikir kritis diukur melalui kemampuan peserta didik untuk mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, membuat kesimpulan berdasarkan bukti, serta menghasilkan solusi yang rasional. Ennis mengemukakan 12 indikator berpikir kritis yang dikelompokkan menjadi lima aspek diantaranya: a. memberikan penjelasan sederhana, b. membangun keterampilan dasar, c. menyimpulkan, d. memberikan penjelasan lebih lanjut, dan e. mengatur strategi dan taktik. Keterampilan berpikir kritis dapat diukur melalui *pre-test* dan *post-test*. Instrumen pengukur yang digunakan adalah 12 soal tes tulis berupa uraian.

4. Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi adalah materi fisika dalam kurikulum merdeka untuk kelas XI dan XII di sekolah menengah atas, yang mencakup capaian pembelajaran fase F, peserta didik diharapkan dapat memahami konsep dan prinsip gelombang bunyi. Materi gelombang bunyi ini meliputi, karakteristik, sumber bunyi, efek doppler, resonansi bunyi, layangan bunyi, intensitas dan taraf intensitas bunyi, serta aplikasi gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari yang dikaji dengan ilmu fisika.

F. Kerangka Berpikir

Permasalahan yang melatarbelakangi penelitian ini adalah masih rendahnya keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi gelombang bunyi. Berdasarkan hasil studi pendahuluan, peserta didik masih mengalami kesulitan dalam menganalisis permasalahan, memberikan alasan berdasarkan bukti, mengolah informasi, dan menarik kesimpulan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penerapan model pembelajaran yang dapat memberikan pengalaman penyelidikan dan mendorong peserta didik untuk menggunakan bukti dalam proses berpikirnya.

Kondisi tersebut menuntut penerapan suatu model pembelajaran yang mampu melibatkan peserta didik secara aktif dalam proses menemukan konsep melalui kegiatan penyelidikan. Salah satu model pembelajaran yang dipandang sesuai adalah *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL). Model ini memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk melakukan kegiatan laboratorium melalui tahapan inkuiri yang terarah dengan bimbingan guru. Dalam penerapannya, peserta didik tidak hanya menerima informasi dari guru, tetapi juga melakukan pengamatan, mengumpulkan data, menganalisis hasil eksperimen, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti yang diperoleh. Proses tersebut diharapkan mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis karena peserta didik dituntut menggunakan penalaran ilmiah dalam menyelesaikan permasalahan yang diberikan.

Penelitian ini diawali dengan pemberian *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi. Proses pembelajaran kemudian dilaksanakan dengan menerapkan model *Bounded Inquiry Laboratory* berbantuan aplikasi *Phyphox*. Selama proses pembelajaran berlangsung, peserta didik melaksanakan kegiatan praktikum sesuai tahapan model BIL, mulai dari mengidentifikasi masalah, merancang dan melakukan eksperimen, mengumpulkan data, menganalisis hasil pengamatan, hingga menyusun kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh. Seluruh rangkaian pembelajaran diakhiri dengan pemberian *posttest* untuk mengetahui perbedaan keterampilan berpikir kritis setelah mengikuti pembelajaran.

Model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) merupakan model pembelajaran berbasis inkuiri yang membimbing peserta didik menemukan konsep melalui kegiatan laboratorium dengan arahan guru. Karakteristik model BIL yaitu guru menyediakan masalah, tujuan, alat dan bahan, serta prosedur eksperimen, sedangkan peserta didik bertanggung jawab mengumpulkan, menganalisis, dan menyimpulkan data hasil penyelidikan. Model ini memiliki beberapa kelebihan, di antaranya mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, keterampilan proses sains, keaktifan, serta kemandirian belajar peserta didik. Penerapan model BIL juga memiliki beberapa keterbatasan, seperti memerlukan waktu pembelajaran yang relatif lebih lama, kesiapan guru dalam merancang kegiatan praktikum, serta ketersediaan alat dan bahan yang memadai agar proses pembelajaran dapat berlangsung secara optimal.

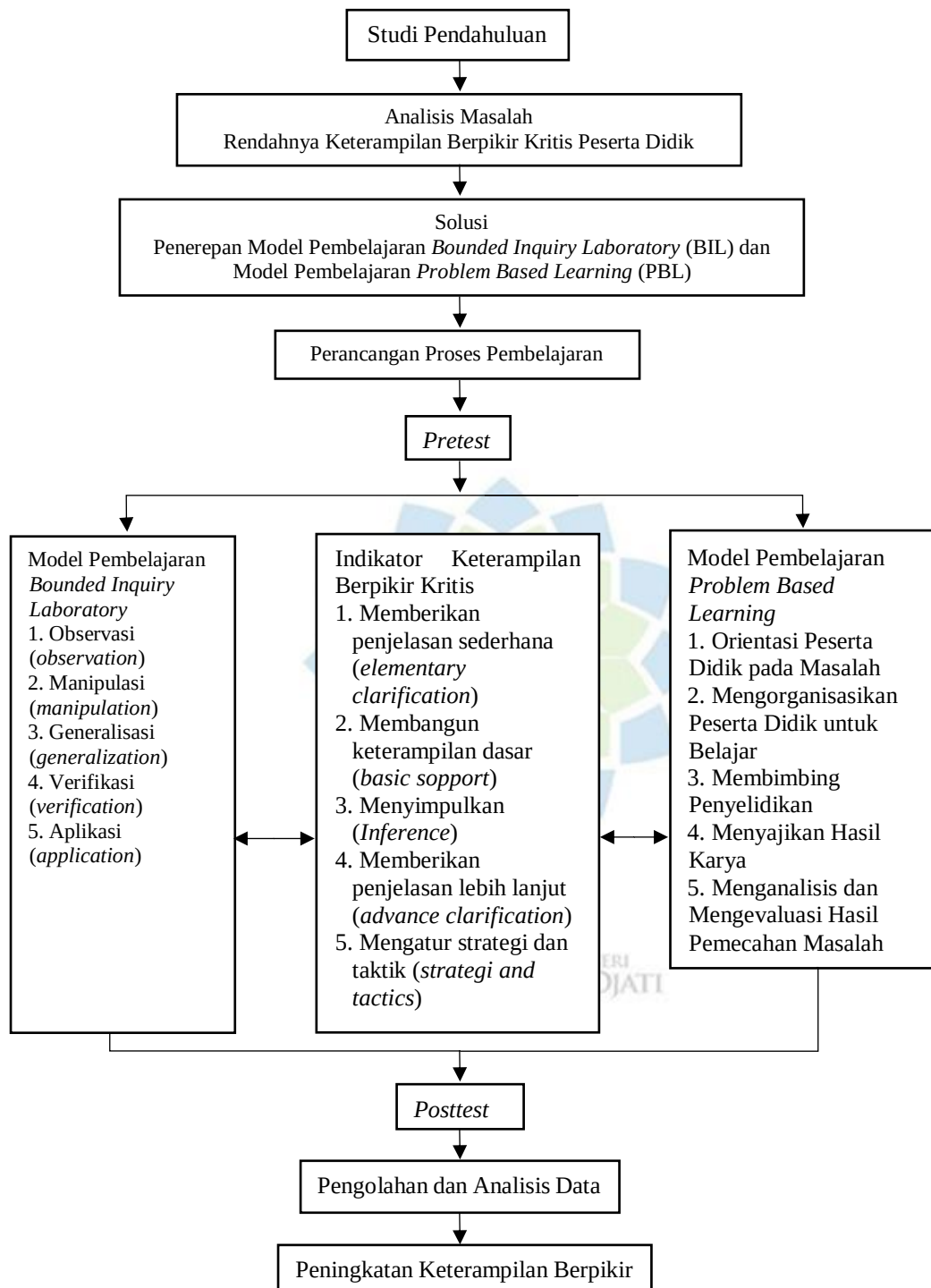
Model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) digunakan sebagai pembandingan dalam penelitian ini. Model tersebut menggunakan masalah nyata sebagai dasar proses belajar untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan peserta didik. Karakteristik PBL meliputi penyajian masalah di awal pembelajaran, kerja sama dalam kelompok, pencarian informasi, serta penyusunan dan penyajian solusi dengan guru berperan sebagai fasilitator. Model ini memiliki kelebihan berupa kemampuan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kemampuan pemecahan masalah, kerja sama, dan keaktifan peserta didik. PBL juga memiliki beberapa kekurangan, seperti memerlukan waktu pembelajaran yang lebih lama, menuntut kesiapan guru dalam merancang masalah yang sesuai, serta membutuhkan partisipasi aktif peserta didik agar tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal.

Aplikasi *Phyphox* (*Physical Phone Experiments*) dimanfaatkan sebagai media praktikum berbasis *smartphone* untuk mendukung pelaksanaan model BIL. Aplikasi ini memanfaatkan sensor bawaan perangkat, seperti akselerometer, giroskop, magnetometer, mikrofon, dan sensor cahaya untuk mengumpulkan data eksperimen secara *real-time*. Penggunaan *Phyphox* memiliki berbagai kelebihan, yaitu mudah digunakan, praktis, gratis, mampu menampilkan grafik dan hasil pengukuran secara langsung, serta mendukung kegiatan pembelajaran berbasis

eksperimen baik di laboratorium maupun di luar kelas. Fitur yang tersedia meliputi berbagai eksperimen fisika, perekaman dan analisis data, tampilan grafik secara *real-time*, ekspor data dalam format CSV, serta kendali eksperimen melalui antarmuka jarak jauh (*remote access*) menggunakan *browser*.

Keterampilan berpikir kritis merupakan kemampuan peserta didik untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menarik kesimpulan secara logis berdasarkan bukti yang diperoleh. Berdasarkan hasil studi pendahuluan, keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi masih tergolong rendah, yang ditunjukkan oleh kesulitan dalam menganalisis permasalahan, memberikan alasan berdasarkan bukti, dan menarik kesimpulan. Menurut Ennis, keterampilan berpikir kritis meliputi beberapa indikator, yaitu memberikan penjelasan sederhana, membangunketerampilan dasar, menyimpulkan, memberikan penjelasan lebih lanjut, mengatur strategi dan taktik. Indikator-indikator tersebut digunakan sebagai acuan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam penelitian ini.

Berdasarkan uraian tersebut, rendahnya keterampilan berpikir kritis peserta didik yang kemudian diupayakan perbedaanya melalui penerapan model *Bounded Inquiry Laboratory* berbantuan aplikasi *Phyphox*. Model pembelajaran ini diharapkan mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif, melatih peserta didik melakukan penyelidikan ilmiah, serta meningkatkan kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Atas dasar tersebut, kerangka berpikir penelitian ini disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir

G. Hipotesis

Berdasarkan kerangka berpikir dan rumusan masalah di atas, maka hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

H₀= Tidak terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik antara yang menggunakan model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) berbantuan *Phypox* di kelas XI-3 dengan menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan *Phypox* di kelas XI-4 pada materi gelombang bunyi.

H₁= Terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik antara yang menggunakan model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) berbantuan *Phypox* di kelas XI-3 dengan menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan *Phypox* di kelas XI-4 pada materi gelombang bunyi.

H. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didukung oleh berbagai hasil penelitian sebelumnya yang membahas penerapan model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) dalam upaya meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Prani et al. (2018), dengan judul “Keterampilan Berpikir Kritis pada *Bounded Inquiry Lab*: Analisis Kuantitatif dan Kualitatif” Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi tekanan hidrostatik, hukum Pascal, dan hukum Archimedes meningkat dari rata-rata nilai *pretest* sebesar 20,00 ke nilai *posttest* sebesar 80,67.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sanjaya et al. (2017), dengan judul Pengembangan Modul Berbasis *Bounded Inquiry Lab* untuk “Pengembangan Modul Berbasis *Bounded Inquiry Lab* untuk Meningkatkan Literasi Sains Dimensi Konten pada Materi Sistem Pencernaan Kelas XI”, fokus pada mengembangkan dan menilai kelayakan modul berbasis *Bounded Inquiry Lab* pada materi sistem pencernaan untuk pembelajaran SMA. Menguji keefektifan modul tersebut dalam meningkatkan literasi sains dimensi konten

peserta didik, yang terbukti meningkat secara signifikan setelah penggunaan modul.

3. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Nasir & Abdullah (2018), dengan judul “*Bounded Inquiry Laboratory* terhadap kemampuan literasi sains” berfokus pada pengaruh model BIL terhadap kemampuan literasi sains, membuktikan bahwa pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* lebih efektif dibandingkan metode ceramah/tradisional dalam meningkatkan literasi sains mahasiswa didik secara signifikan.
4. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sutanto & Suciati (2015), dengan judul Penerapan *Bounded Inquiry Laboratory* Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains peserta didik kelas XI MIA 2 SMAN 1 Sukoharjo” Hasilnya menunjukkan bahwa model BIL berhasil meningkatkan empat aspek keterampilan proses sains dengan peningkatan lebih dari 20 pada setiap siklusnya.
5. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Nurfitasari et al. (2024), dengan judul “*Validation Of Electronic Module Based on Bounded Inquiry Laboratory on Excretion System*” dapat melatih pemahaman konsep peserta didik seperti interpretasi, mencontohkan, klarifikasi, generalisasi, menyimpulkan, membandingkan dan menjelaskan.
6. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Suciati et al. (2016), dengan judul “*Differences of Bounded Inquiry Laboratory and Guided Inquiry Laboratory to Students’ Cognitive Achievement*” Hasilnya menunjukkan bahwa keterlibatan aktif peserta didik dalam laboratorium melalui model ini mampu melampaui target peningkatan keterampilan proses sebesar 20%.
7. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Indriana (2017) dengan judul “Penerapan Model Pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* Untuk Menggambarkan Level Pemahaman Dan Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta didik Smk” Hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata *N-gain* sebesar 0,52 dengan kategori sedang, hasil tersebut menunjukkan hasil bahwa model pembelajaran *Bounded Inquiry Laboratory* dapat menggambarkan level pemahaman peserta didik dan meningkatkan keterampilan proses sains.

8. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Suparjono et al. (2018), dengan judul “Pembelajaran *Bounded Inquiry Lab* Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Kemampuan Berpikir Analisis Peserta didik Pada Topik Hidrolisis Garam” Hasil penelitian yang terdiri dari penguasaan konsep dan kemampuan berpikir analisis menunjukkan terdapat kenaikan *N-gain* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Hasil uji statistik dengan uji t-Test diperoleh signifikansi (sig.(2-tailed)) sebesar 0,019 untuk penguasaan konsep dan 0,002 untuk kemampuan berpikir analisis, yang berarti $<$ dari 0,005 menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara penguasaan konsep kelas kontrol maupun kelas eksperimen.
9. Penelitian yang dilakukan oleh Yunita (2025) menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran *Guided Inquiry* berbantuan aplikasi *Phyphox* mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi tumbukan. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis dengan nilai *N-gain* sebesar 0,51 (kategori sedang) dan hasil uji statistik yang menunjukkan pengaruh signifikan.
10. Penelitian yang dilakukan oleh Jannnah et al. (2026) menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan aplikasi *Phyphox* mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi efek Doppler. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata *pretest* dari 35,14 menjadi 71,14 pada *posttest*, dengan selisih peningkatan sebesar 36, serta hasil uji Paired Sample t-Test menunjukkan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, yang berarti terdapat peningkatan keterampilan berpikir kritis yang signifikan. Penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan penulis karena sama-sama menerapkan pembelajaran berbasis inkuiri dalam pembelajaran fisika.

Tabel 1. 2 Perbedaan dan Kesamaan Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Prani et al. (2018)	Keterampilan Berpikir Kritis pada <i>Bounded Inquiry</i>	Sama-sama menerapkan model <i>Bounded Inquiry</i>	Penelitian dilakukan pada materi tekanan hidrostatik, Hukum

		Lab: Analisis Kuantitatif dan Kualitatif	Laboratory dan mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik.	Pascal, dan Hukum Archimedes, sedangkan penelitian ini pada materi gelombang bunyi.
2	Widya Kusuma Sanjaya & Suciati (2017)	Pengembangan Modul Berbasis <i>Bounded Inquiry Lab</i> untuk Meningkatkan Literasi Sains Dimensi Konten pada Materi Sistem Pencernaan Kelas XI	Sama-sama menggunakan pendekatan <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> dalam pembelajaran.	Penelitian berfokus pada pengembangan modul dan peningkatan literasi sains pada materi sistem pencernaan, sedangkan penelitian ini berfokus pada penerapan model BIL untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
3	Nasir & Abdullah (2018)	<i>Bounded Inquiry Laboratory</i> terhadap Kemampuan Literasi Sains	Sama-sama menggunakan model <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> sebagai model pembelajaran.	Variabel yang diteliti adalah kemampuan literasi sains pada mahapeserta didik, sedangkan penelitian ini meneliti keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA pada materi gelombang bunyi.
4	Sutanto Alvian Viki & Suciati (2015)	Penerapan <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas XI MIA 2 SMAN 1 Sukoharjo	Sama-sama menerapkan model <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> pada peserta didik SMA.	Penelitian berfokus pada keterampilan proses sains, sedangkan penelitian ini berfokus pada keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
5	Nurfitasari et al. (2024)	<i>Validation of Electronic Module Based on Bounded Inquiry Laboratory on Excretion System</i>	Sama-sama menggunakan pendekatan <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> dalam pembelajaran.	Penelitian berfokus pada validasi e-modul dan pemahaman konsep pada sistem ekskresi, sedangkan penelitian ini mengkaji penerapan model BIL terhadap keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
6	Octovi et al. (2016)	<i>Differences of Bounded Inquiry</i>	Sama-sama menggunakan	Penelitian membandingkan

		<i>Laboratory and Guided Inquiry Laboratory to Students' Cognitive Achievement</i>	model <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> dalam kegiatan laboratorium.	model BIL dengan <i>Guided Inquiry Laboratory</i> terhadap keterampilan berpikir kritis kognitif, sedangkan penelitian ini hanya menerapkan model BIL untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
7	Desta Indriana (2017)	Penerapan Model Pembelajaran <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> untuk Menggambarkan Level Pemahaman dan Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik SMK	Sama-sama menerapkan model <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> dalam pembelajaran.	Penelitian dilakukan pada peserta didik SMK dengan fokus pada pemahaman dan keterampilan proses sains, sedangkan penelitian ini dilakukan pada peserta didik SMA dengan fokus pada keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
8	Henrikus Suparjono (2018)	Pembelajaran <i>Bounded Inquiry Lab</i> untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Kemampuan Berpikir Analisis Peserta Didik pada Topik Hidrolisis Garam	Sama-sama menerapkan model <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> dan mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik.	Penelitian berfokus pada penguasaan konsep dan kemampuan berpikir analisis pada materi hidrolisis garam, sedangkan penelitian ini berfokus pada keterampilan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi.
9	Vera Yunita (2025)	Penerapan Model Pembelajaran <i>Guided Inquiry</i> Berbantuan Aplikasi <i>Phyphox</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Tumbukan	Sama-sama bertujuan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran fisika dan memanfaatkan pembelajaran berbasis inkuiri.	Penelitian menggunakan model <i>Guided Inquiry</i> berbantuan aplikasi <i>Phyphox</i> pada materi tumbukan, sedangkan penelitian ini menggunakan model <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> pada materi gelombang bunyi.
10	Jannah et al. (2026)	Penerapan Model Pembelajaran	Sama-sama menerapkan	Penelitian berfokus pada peningkatan

		Inkuiri Terbimbing Berbantuan Aplikasi <i>Phyphox</i> untuk Meningkatkan Keterampilan berpikir kritis Peserta Didik pada Materi Efek Doppler	pembelajaran berbasis inkuiri dalam pembelajaran fisika.	keterampilan berpikir kritis menggunakan model Inkuiri Terbimbing berbantuan <i>Phyphox</i> pada materi efek Doppler, sedangkan penelitian ini berfokus pada peningkatan keterampilan berpikir kritis menggunakan model <i>Bounded Inquiry Laboratory</i> pada materi gelombang bunyi.
--	--	--	--	--

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa model *Bounded Inquiry Laboratory* (BIL) telah terbukti efektif dalam meningkatkan berbagai aspek kemampuan peserta didik, seperti keterampilan berpikir kritis, literasi sains, keterampilan proses sains, penguasaan konsep, kemampuan berpikir analisis, dan keterampilan berpikir kritis. Pembelajaran berbasis inkuiri juga menunjukkan hasil yang positif ketika dipadukan dengan media pembelajaran seperti aplikasi *Phyphox*. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada materi tekanan hidrostatik, hidrolisis garam, sistem pencernaan, sistem ekskresi, tumbukan, dan efek Doppler, serta beberapa penelitian lebih menitikberatkan pada pengembangan bahan ajar atau peningkatan keterampilan berpikir kritis. Oleh karena itu, masih terdapat celah penelitian mengenai penerapan model *Bounded Inquiry Laboratory* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang bunyi. Penelitian ini diharapkan dapat melengkapi penelitian-penelitian sebelumnya sekaligus memberikan kontribusi terhadap pengembangan pembelajaran fisika yang mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.