

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembelajaran fisika di sekolah tidak sekadar menuntut peserta didik untuk terampil dalam perhitungan matematis. Lebih dari itu, mereka perlu menguasai konsep dan mampu memberikan penjelasan ilmiah terhadap peristiwa-peristiwa alam yang terjadi. Dalam proses pembelajaran, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan bagaimana dan mengapa suatu fenomena dapat terjadi melalui hubungan sebab-akibat yang logis. Kemampuan ini krusial untuk dimiliki oleh peserta didik karena dengan pemahaman konsep yang baik, mereka dapat melihat keterkaitan antara teori fisika dan peristiwa-peristiwa alam yang mereka alami sehari-hari. (Zahara et al., 2024). Selain itu, kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah juga menjadi bagian penting dalam pembelajaran sains modern yang menekankan proses penalaran dan pemaknaan terhadap suatu fenomena (Maharani, 2025). Maka dari itu, diperlukan penalaran ilmiah yang lebih dari sekadar mencari jawaban, yaitu mampu menguraikan sebab-akibat dan mekanisme di balik gejala fisika.

Salah satu bentuk kemampuan bernalar ilmiah yang esensial dalam pembelajaran fisika, terdapat satu yang dikenal dengan istilah *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR). CMR didefinisikan sebagai kemampuan peserta didik untuk menguraikan mekanisme dan kausalitas di balik suatu peristiwa alam dengan cara mengidentifikasi komponen-komponen penyusun, rangkaian aktivitas, serta keterkaitan sebab-akibat yang melandasi fenomena tersebut (Scharlott et al., 2024). Penalaran ini memungkinkan peserta didik membuat penjelasan ilmiah yang jelas tentang segala hal dari mikroskopik hingga makroskopik. Oleh karena itu, CMR membutuhkan pemahaman mendalam tentang bagaimana dan mengapa suatu fenomena dapat terjadi, serta korelasi antar variabel (Ridwan, 2024). Melalui kemampuan ini peserta didik tidak hanya menghafal teori fisika, melainkan mampu menguraikan mekanisme secara nyata.

Apabila keterampilan CMR tidak dilatihkan dalam pembelajaran, peserta didik cenderung hanya menghafal rumus dan prosedur tanpa memahami mekanisme ilmiah yang mendasari suatu konsep. Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam menjelaskan fenomena secara ilmiah, menghubungkan hubungan sebab-akibat, serta membangun pemahaman konseptual yang mendalam (Talanquer, 2024). Selain itu, rendahnya kemampuan CMR juga dapat menyebabkan peserta didik kurang mampu menyelesaikan permasalahan fisika yang membutuhkan analisis, argumentasi ilmiah, dan penalaran berbasis konsep.

Penalaran mekanistik merupakan kemampuan penting dalam pendidikan sains yang melibatkan identifikasi entitas tidak terlihat, kegiatan mereka, serta hubungan sebab-akibat untuk menjelaskan fenomena ilmiah. Studi yang dilakukan oleh Bachtiar et al., (2022) menunjukkan bahwa peserta didik kerap terkendala dalam mengembangkan penalaran ini, terutama ketika harus mengidentifikasi unsur-unsur abstrak dan kaitannya dengan proses sebab-akibat. Berbagai strategi pembelajaran dikembangkan untuk membantu peserta didik mengatasi tantangan tersebut, sehingga penelitiannya bertujuan untuk mendalami konsep penalaran mekanistik dan strategi efektifnya dalam pembelajaran sains.

Pemerintah Indonesia melalui implementasi Kurikulum Merdeka menunjukkan komitmen serius dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dengan mendorong pendekatan yang kontekstual dan berbasis penalaran ilmiah. Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan (BSKAP) Nomor 046/H/KR/2025 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah, capaian pembelajaran nasional menjadi acuan bagi semua jenjang pendidikan dan menyesuaikan dengan perubahan kurikulum terbaru tahun 2025. Keputusan ini mulai berlaku sejak 16 Juli 2025 dan menggantikan keputusan sebelumnya yaitu SK Kepala BSKAP Nomor 032/H/KR/2024 (Kemendikbudristek, 2025).

Capaian Pembelajaran (CP) Fisika Fase F yang tertuang dalam regulasi tersebut, peserta didik diharapkan mampu memahami konsep fluida serta

menerapkan dan mengembangkan keterampilan inkuiri sains yang mencakup kemampuan menganalisis, menalar, dan menarik kesimpulan berdasarkan penyelidikan ilmiah. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan kemampuan penalaran dan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang merupakan inti dari *Causal mechanistic reasoning* merupakan amanat kurikulum yang harus diwujudkan dalam pembelajaran fisika.

Studi yang dilakukan oleh Hung et al., (2006) membuktikan bahwa pendekatan pengajaran yang memfokuskan pada penalaran sebab-akibat mekanistik dalam fisika efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik secara signifikan, terutama untuk materi rotational motion. Peserta didik yang belajar dengan menekankan hubungan sebab-akibat dan mekanisme suatu fenomena memperoleh hasil lebih baik dalam menyelesaikan permasalahan konseptual dibandingkan peserta didik yang hanya berfokus pada hubungan matematis dan penggunaan persamaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Chen et al., (2021) menunjukkan bahwa *Causal reasoning* memiliki peran penting dalam membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual fisika, khususnya pada materi Hukum III Newton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun peserta didik telah mempelajari materi tersebut, banyak peserta didik masih mengalami miskonsepsi karena belum memahami hubungan sebab-akibat dan mekanisme interaksi gaya secara tepat. Penelitian ini juga menemukan bahwa peserta didik yang memiliki kemampuan *Causal reasoning* yang baik cenderung mampu memahami konsep secara lebih mendalam, sedangkan kurangnya *Causal reasoning* menyebabkan pemahaman konsep menjadi terfragmentasi dan kurang terintegrasi.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yaitu wawancara dengan guru fisika dan observasi pada saat pembelajaran di salah satu sekolah di Kota Bandung, ditemukan bahwa kegiatan belajar mengajar masih banyak menggunakan metode ceramah dan latihan mengerjakan soal. Peserta didik cenderung menghafal dan menerapkan rumus tanpa benar-benar memahami proses fisika di balik suatu peristiwa. Selain itu, ketika diberikan pertanyaan yang menuntut penjelasan kausalitas, kebanyakan peserta didik tidak mampu memberikan jawaban yang

logis dan ilmiah. Mereka juga kurang berpartisipasi aktif selama pembelajaran dan jarang mengaitkan materi fisika dengan peristiwa nyata yang mereka temui.

Fakta ini mengindikasikan bahwa pembelajaran fisika saat ini belum mendorong peserta didik untuk mengembangkan kemampuan CMR. Kegiatan belajar lebih berorientasi pada pemakaian rumus dan pencarian solusi numerik daripada proses bernalar untuk memahami sebab dan mekanisme suatu fenomena. Akibatnya, peserta didik tidak terbiasa menyusun hubungan sebab-akibat secara ilmiah. Dengan demikian, kemampuan CMR perlu menjadi perhatian dalam pembelajaran fisika karena berfungsi penting dalam memperdalam pemahaman konsep, menganalisis fenomena, serta menghubungkan teori dengan realitas.

Tantangan tersebut memerlukan pendekatan yang dapat mengaitkan konsep fisika dengan fenomena konkret, sehingga peserta didik mampu membangun penjelasan berbasis hubungan kausal. Salah satu pendekatan yang dinilai cocok adalah Pembelajaran Berbasis Fenomena (PBF). Pendekatan ini memanfaatkan fenomena autentik sebagai pijakan awal pembelajaran, sehingga peserta didik terdorong untuk mengamati, bertanya, menyelidiki, dan menyusun penjelasan ilmiah berdasarkan fenomena yang mereka amati (Andriani et al., 2023). Melalui PBF, peserta didik tidak hanya menerima konsep secara langsung dari guru, tetapi juga terlibat aktif dalam proses menemukan dan memahami konsep fisika (Tatsar et al., 2020). Dengan demikian, pendekatan ini efektif untuk membimbing peran peserta didik dari penerima informasi pasif menjadi pemikir ilmiah.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa PBF mampu meningkatkan kualitas pembelajaran sains. Penelitian yang dilakukan oleh Scharlott et al., (2024) menunjukkan bahwa PBF dapat membantu peserta didik membangun penjelasan mekanistik secara lebih baik melalui aktivitas penyelidikan terhadap fenomena ilmiah. Penelitian yang dilakukan oleh Puri et al., (2023) menunjukkan bahwa PBF dapat meningkatkan keterlibatan belajar, kemampuan berpikir kritis, dan pemahaman konsep peserta didik karena pembelajaran dikaitkan langsung dengan fenomena nyata yang dekat dengan kehidupan sehari-hari.

Temuan dari Saudah et al., (2019) mengindikasikan bahwa penerapan PBF memberikan dampak positif terhadap penguasaan konsep fisika serta keaktifan belajar peserta didik. Pendekatan yang dilandasi oleh pandangan konstruktivisme ini mendorong peserta didik untuk terlibat secara langsung melalui kegiatan observasi, diskusi, dan praktikum.

Penelitian yang dilakukan oleh Khanasta et al., (2016) menunjukkan bahwa penerapan PBF melalui metode peragaan (demonstrasi) terbukti mampu menumbuhkan partisipasi aktif peserta didik dalam proses observasi dan analisis terhadap peristiwa-peristiwa fisika yang akrab dengan kehidupan sehari-hari. Di samping itu, model ini turut membantu peserta didik membangun pengertian konseptual melalui pengalaman empiris, yang menjadikan kegiatan belajar lebih bermakna.

Penelitian yang dilakukan oleh Scharlott et al.,(2024) mengkaji perkembangan CMR melalui pembelajaran yang berpusat pada fenomena nyata pada materi kimia. Hasilnya menunjukan bahwa peserta didik mampu membangun penjelasan fenomena dengan tingkat penalaran *Causal mechanistic* yang lebih baik setelah mengikuti pembelajaran yang menekankan penggunaan fenomena nyata untuk pembelejaran. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran yang berangkat dari fenomena nyata berpotensi mendukung perkembangan kemampuan penalaran sebab-akibat peserta didik.

Pembelajaran fisika terdapat banyak konsep yang menuntut peserta didik tidak hanya memahami hubungan matematis, tetapi juga mampu menjelaskan mekanismenya. Oleh karena itu, diperlukan materi pembelajaran yang memungkinkan peserta didik melakukan pengamatan terhadap fenomena nyata dan menghubungkannya dengan konsep fisika. Salah satu materi yang memiliki karakteristik tersebut adalah hukum Archimedes. Materi ini berkaitan dengan fenomena nyata yang mudah dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti fenomena benda terapung, melayang dan tenggelam.

Melalui pengamatan dan penyelidikan terhadap fenomena yang ada, peserta didik dapat menghubungkan konsep tekanan fluida, massa jenis, dan gaya apung dengan mekanisme yang menyebabkan suatu benda berada pada kondisi tersebut.

Proses ini memungkinkan peserta didik untuk tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga untuk membangun penjelasan secara ilmiah berdasarkan hubungan sebab-akibat (Puri et al., 2023). Dengan demikian, penerapan PBF pada materi hukum Archimedes berpotensi untuk memfasilitasi perkembangan kemampuan CMR peserta didik.

Meskipun demikian, penelitian yang mengkaji keterampilan CMR dalam pembelajaran fisika di tingkat sekolah menengah masih relatif terbatas. Sejauh ini, penelitian yang membahas CMR dalam fisika baru diterapkan di beberapa topik utama yang terbatas, seperti penelitian yang dilakukan oleh Gutwill et al., (1996) yang membahas tentang arus listrik searah (DC), penelitian yang dilakukan oleh Shofiyah et al., (2024) yang membahas tentang hukum newton dan penelitian yang dilakukan oleh Meltzer (2004) yang membahas tentang termodinamika. Selain itu, beberapa studi lain yang mengeksplorasi penalaran mekanistik ini pada materi yang berbeda, seperti gejala optic geometris, serta fenomena induksi elektromagnetik. Eksplorasi keterampilan CMR pada materi fluida statis khususnya khususnya hukum Archimedes belum banyak diteliti secara spesifik. Disisi lain, penelitian terkini menunjukkan bahwa PBF berpotensi mendukung berkembangnya keterampilan CMR karena mampu membantu peserta didik untuk memahami hubungan antar konsep dan mekanisme terjadinya fenomena secara lebih mendalam.

Penelitian yang dilakukan oleh Krist et al., (2019) berfokus pada pemetaan panduan berpikir interal (*heuristic*) untuk memicu penalaran mekanistik secara umum. Penelitian ini memiliki beberapa perbedaan mendasar dengan penelitian yang akan dilakukan. Pertama, penelitian Krist et al., masih bersifat umum dan belum menerapkan strategi pembelajaran secara konkret di kelas, melainkan baru pada tahap pemetaan panduan berpikir. Kedua, penelitian tersebut tidak terfokus pada materi tertentu, sehingga belum dapat mengukur secara spesifik peningkatan CMR pada topik fisika tertentu. Novelty pada penelitian ini melangkah lebih konkret dengan menerapkan PBF untuk meningkatkan CMR peserta didik khususnya materi hukum Archimedes. Penelitian ini tidak hanya meninjau hasil belajar peserta didik secara umum, tetapi juga menganalisis kemampuan peserta

didik dalam menjelaskan fenomena fisika berdasarkan hubungan sebab–akibat dan mekanisme ilmiah yang mendasarinya. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pembelajaran fisika yang lebih bermakna, kontekstual, dan mampu membantu peserta didik memahami konsep fisika secara lebih mendalam. Melalui uraian latar belakang yang dijelaskan sebelumnya, maka penelitian ini berjudul “Peningkatan Keterampilan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) Peserta Didik melalui Pembelajaran Berbasis Fenomena pada Materi Hukum Archimedes”.

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pola implementasi keterampilan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) dalam pembelajaran berbasis fenomena dan pembelajaran konvensional pada materi Hukum Archimedes?
2. Bagaimana profil keterampilan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) peserta didik pada materi Hukum Archimedes sebelum dan setelah pembelajaran pada kelas eksperimen yang menggunakan pembelajaran berbasis fenomena dan kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional?
3. Apakah terdapat perbedaan peningkatan keterampilan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) antara peserta didik yang belajar dengan menggunakan pendekatan berbasis fenomena dan peserta didik yang belajar dengan pembelajaran konvensional?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis pola implementasi keterampilan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) dalam pembelajaran berbasis fenomena dan pembelajaran konvensional diimplementasikan pada materi Hukum Archimedes

2. Menganalisis profil keterampilan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) peserta didik pada materi Hukum Archimedes sebelum dan setelah pembelajaran pada kelas eksperimen yang menggunakan pembelajaran berbasis fenomena dan kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional.
3. Menganalisis perbedaan peningkatan keterampilan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) antara peserta didik yang belajar dengan menggunakan pendekatan berbasis fenomena dan peserta didik yang belajar dengan pembelajaran konvensional

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoretis

Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis bagi pengembangan model pembelajaran inovatif, khususnya pembelajaran berbasis fenomena dalam ranah pendidikan fisika. Temuan penelitian diharapkan memperkaya literatur mengenai bagaimana PBF dapat secara efektif menstimulasi CMR, terutama pada materi Hukum Archimedes yang menuntut pemahaman hubungan sebab-akibat antar komponen sistem fisika. Selain itu, hasil penelitian ini dapat memperkuat landasan teori konstruktivisme dan teori pembelajaran berbasis fenomena dengan menunjukkan bahwa keterlibatan peserta didik dalam pengamatan, investigasi fenomena, dan penjelasan mekanistik mampu meningkatkan pemahaman konseptual secara mendalam serta kualitas reasoning ilmiah mereka.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi guru, penelitian ini menawarkan strategi pembelajaran yang efektif dan relevan untuk mengajarkan materi Hukum Archimedes dengan mengaitkannya pada fenomena nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik dan bermakna.
- b. Bagi peserta didik, penerapan pembelajaran berbasis fenomena diharapkan dapat membantu meningkatkan keterampilan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) dan pemahaman konseptual pada materi fisika khususnya materi Hukum Archimedes sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna.

- c. Bagi peneliti, penelitian ini memberikan gambaran empiris mengenai tantangan dan peluang penerapan pembelajaran berbasis fenomena di kelas, sekaligus menambah wawasan tentang hubungan antara pembelajaran berbasis fenomena dan perkembangan penalaran mekanistik peserta didik. Hal ini dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang lebih mendalam.
- d. Bagi lembaga pendidikan hasil penelitian dapat menjadi masukan dalam pengembangan kebijakan pembelajaran, desain kurikulum, dan pelatihan guru terkait penerapan model pembelajaran berbasis fenomena. Lembaga dapat memanfaatkan temuan penelitian ini untuk mendorong pembelajaran yang lebih relevan, kontekstual, dan adaptif dalam menyiapkan peserta didik menghadapi tantangan abad 21, terutama dalam hal keterampilan penalaran ilmiah dan *problem-solving*.

E. Definisi Operasional

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

1. Pembelajaran Berbasis Fenomena

Pembelajaran berbasis fenomena dalam penelitian ini yang diawali dengan penyajian fenomena nyata pada materi Hukum Archimedes. Secara operasional, pembelajaran ini dilaksanakan melalui tahapan: (1) penyajian fenomena, (2) perumusan pertanyaan, (3) penyelidikan, (4) analisis data, dan (5) diskusi/presentasi (6) aplikasi dan tindak lanjut. Pola implementasi CMR dalam pembelajaran ini diukur melalui analisis transkrip video pembelajaran dengan teknik coding berdasarkan tiga kategori, yaitu NC (*Non Causal*), C (*Causal*), dan CM (*Causal Mechanistic*). Coding dilakukan untuk mengidentifikasi frekuensi dan durasi kemunculan setiap kategori CMR selama proses pembelajaran berlangsung.

2. Pembelajaran Konvensional

Pembelajaran konvensional dalam penelitian ini merupakan pembelajaran yang berpusat pada guru melalui metode ceramah, penjelasan konsep, dan latihan soal. Secara operasional, pembelajaran ini dilaksanakan tanpa penyajian fenomena maupun kegiatan eksperimen, dan lebih menekankan pada pemahaman konsep serta penyelesaian soal. Pola implementasi CMR dalam pembelajaran ini diukur melalui analisis transkrip video pembelajaran dengan teknik coding berdasarkan tiga kategori, yaitu NC (*Non Causal*), C (*Causal*), dan CM (*Causal Mechanistic*), untuk mengidentifikasi frekuensi dan durasi kemunculan setiap kategori CMR selama proses pembelajaran berlangsung.

3. *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR)

Causal Mechanistic Reasoning (CMR) adalah kemampuan peserta didik dalam menjelaskan fenomena fisika berdasarkan hubungan sebab akibat dan mekanisme yang mendasarinya. Secara operasional, CMR dalam penelitian ini diukur melalui dua cara, yaitu analisis proses pembelajaran dan tes uraian. Analisis proses pembelajaran dilakukan dengan mengamati transkrip video pembelajaran yang dikoding ke dalam tiga kategori, yaitu NC (*Non-Causal*) untuk pernyataan yang hanya mendeskripsikan fenomena tanpa menjelaskan hubungan sebab-akibat, C (*Causal*) untuk pernyataan yang menjelaskan hubungan sebab-akibat sederhana (satu langkah), dan CM (*Causal-Mechanistic*) untuk pernyataan yang menjelaskan hubungan sebab-akibat secara utuh dengan mekanisme yang mendasarinya (multi-langkah). Sementara itu, kemampuan CMR peserta didik juga diukur menggunakan tes uraian berdasarkan indikator mengidentifikasi komponen fenomena, menjelaskan hubungan sebab-akibat, dan menguraikan mekanisme yang terjadi, di mana hasil jawaban peserta didik dikategorikan ke dalam kategori NC, C, dan CM untuk kemudian dianalisis peningkatannya sebelum dan sesudah pembelajaran.

4. Materi Hukum Archimedes

Materi Hukum Archimedes dalam penelitian ini didefinisikan sebagai pokok bahasan fisika yang membahas prinsip gaya apung yang dialami oleh suatu benda ketika berada di dalam fluida. Hukum Archimedes menyatakan bahwa benda yang

dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut. Secara operasional, materi Hukum Archimedes mencakup konsep gaya apung, massa jenis fluida dan benda, volume fluida yang dipindahkan, serta kondisi terapung, melayang, dan tenggelam.

F. Kerangka Berpikir

Sebelum penelitian dilaksanakan, dilakukan studi pendahuluan untuk mengidentifikasi kondisi awal pembelajaran fisika, khususnya pada materi Hukum Archimedes. Studi pendahuluan ini dilakukan melalui wawancara dengan guru mata pelajaran fisika untuk memperoleh informasi mengenai strategi pembelajaran yang selama ini diterapkan serta gambaran umum kemampuan peserta didik dalam memahami dan menjelaskan fenomena fisika.

Dari hasil wawancara, ditemukan bahwa kegiatan belajar mengajar masih terpusat pada guru dan lebih menekankan pada penyelesaian soal. Hal ini mengakibatkan keterampilan peserta didik dalam menjelaskan fenomena fisika secara kausal dan mekanistik belum optimal. Karena itu, diperlukan model pembelajaran yang mampu mendorong peserta didik memahami konsep secara lebih mendalam melalui kaitan antara fenomena dan mekanismenya.

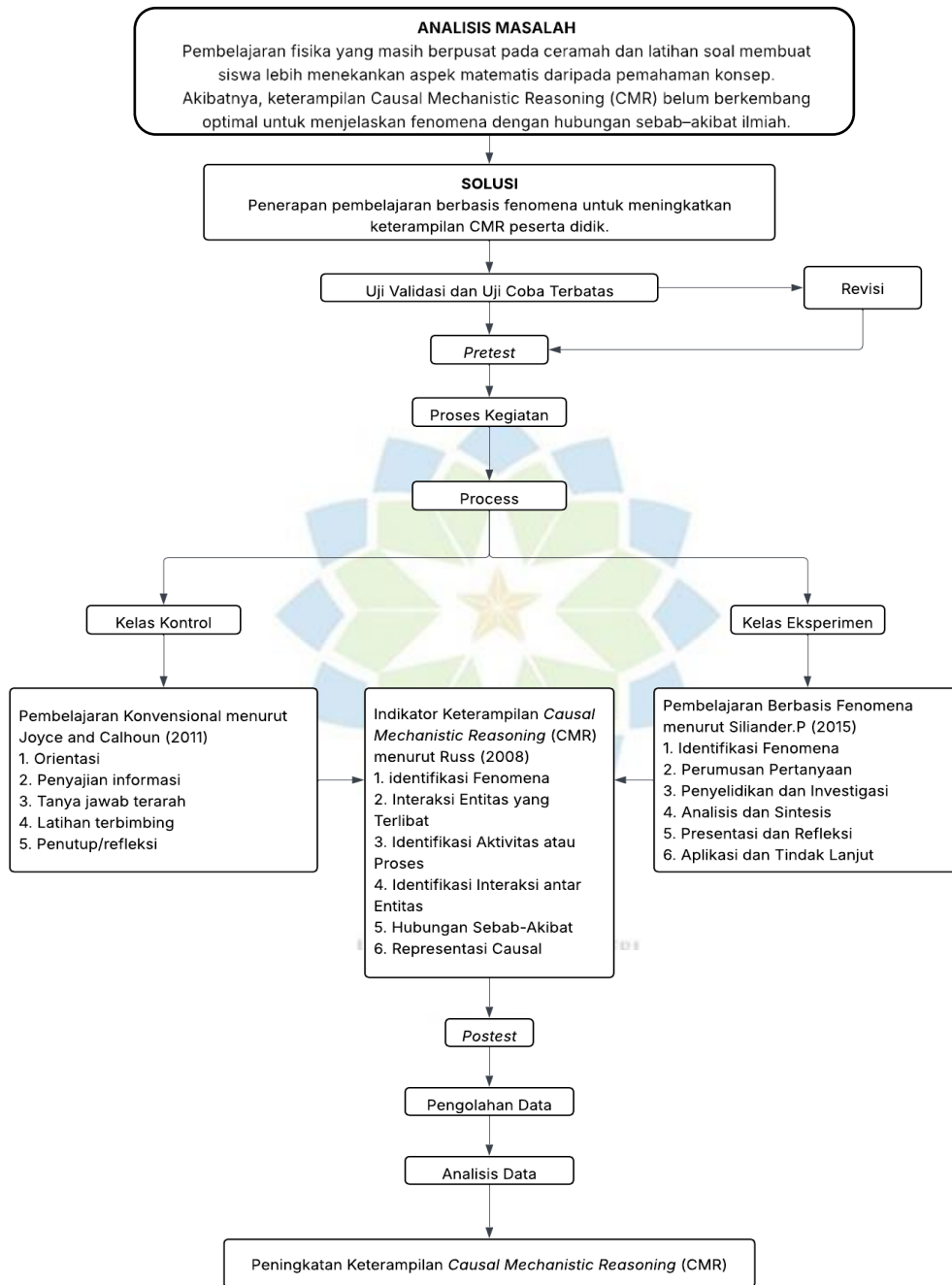
Temuan dari observasi dan wawancara juga mengindikasikan bahwa media dan pendekatan pembelajaran yang digunakan masih minim, sehingga peserta didik kurang memiliki kesempatan untuk mengeksplorasi fenomena nyata. Akibatnya, mereka cenderung menghafal konsep tanpa memahami hubungan sebab-akibat dalam sistem fluida. Hal ini berdampak pada rendahnya kemampuan peserta didik dalam menganalisis, menjelaskan, dan mengaitkan konsep Hukum Archimedes dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari.

Untuk mengatasi persoalan tersebut, diperlukan model pembelajaran yang dapat mengaitkan konsep fisika dengan fenomena nyata secara bermakna dan mendorong peserta didik membangun penjelasan ilmiah berbasis mekanisme sebab-akibat. Pendekatan yang relevan adalah pembelajaran berbasis fenomena (PBF). Pendekatan ini menggunakan fenomena autentik sebagai landasan awal pembelajaran, sehingga peserta didik terdorong untuk melakukan observasi,

mengidentifikasi variabel, menganalisis mekanisme, dan menyusun penjelasan ilmiah berdasarkan hubungan sebab-akibat.

Dalam penerapannya, pembelajaran berbasis fenomena dirancang melalui tahapan yang meliputi pengenalan fenomena, eksplorasi dan observasi, analisis konsep fisika, pengembangan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR), serta komunikasi hasil. Karakteristik CMR meliputi: (1) kemampuan mengidentifikasi komponen-komponen dalam suatu fenomena, (2) kemampuan menjelaskan hubungan sebab-akibat antar komponen, dan (3) kemampuan menguraikan mekanisme yang menjelaskan bagaimana suatu proses terjadi secara runtut. Indikator CMR yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (a) mengidentifikasi komponen fenomena, (b) menjelaskan hubungan sebab-akibat, dan (c) menguraikan mekanisme yang terjadi.

LKPD berbasis CMR digunakan sebagai alat bantu pembelajaran yang memuat pertanyaan pemantik dan aktivitas analisis untuk membimbing peserta didik dalam mengembangkan keterampilan CMR, namun tidak digunakan sebagai instrumen penilaian melainkan hanya sebagai sarana pendukung. Penilaian keterampilan CMR dilakukan melalui instrumen tes uraian yang diberikan saat *pretest* dan *posttest* untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi komponen fenomena, menjelaskan hubungan sebab-akibat, serta menguraikan mekanisme fisika yang terjadi. Instrumen tes disusun berdasarkan indikator CMR dan divalidasi oleh ahli sebelum diimplementasikan pada kelas eksperimen. Data hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis secara kuantitatif dengan perhitungan *N-Gain* untuk menggambarkan tingkat peningkatan, dilanjutkan dengan uji statistik untuk mengetahui perbedaan peningkatan keterampilan CMR, serta dianalisis berdasarkan kategori *non-Causal*, *Causal*, dan *Causal-mechanistic*. Berdasarkan alur tersebut, kerangka berpikir penelitian ini disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir.

G. Hipotesis

Berdasarkan pernyataan dan rumusan masalah di atas, maka hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. H_0 : Tidak terdapat perbedaan peningkatan keterampilan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) antara peserta didik yang menerapkan model Pembelajaran Berbasis Fenomena dengan peserta didik yang menggunakan model pembelajaran konvensional
2. H_a : Terdapat perbedaan peningkatan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) antara peserta didik yang menerapkan model Pembelajaran Berbasis Fenomena dengan peserta didik yang menggunakan model pembelajaran konvensional

H. Penelitian Terdahulu

Dari beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, diperoleh data sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Kristyowati & Purwanto (2019) menunjukkan bahwa melalui hasil analisis data, penerapan pembelajaran berbasis fenomena secara signifikan meningkatkan kemampuan penalaran peserta didik. Sebelum penerapan model, kemampuan peserta didik dalam menjelaskan hubungan sebab-akibat hanya berada pada kategori rendah, namun setelah diterapkan pembelajaran berbasis fenomena, skor rata-rata penalaran kausalitas meningkat sebesar 42% dari kondisi awal.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Sujito et al., (2021) menyimpulkan bahwa model *Phenomenon-Based Learning* efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada siklus I persentase ketuntasan belajar peserta didik hanya 35%, namun setelah model ini dioptimalkan pada siklus II, ketuntasan belajar peserta didik meningkat tajam hingga mencapai 88%.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Rahmadani et al., (2022) dalam materi fluida menunjukkan bahwa fenomena dunia nyata sebagai stimulus awal dapat mereduksi miskonsepsi. Data menunjukkan bahwa sebelum

tindakan, tingkat miskonsepsi peserta didik mencapai 60%, namun setelah diberikan pembelajaran berbasis fenomena, tingkat miskonsepsi menurun hingga tersisa 15% saja.

4. Penelitian yang dilakukan Rizkyanda et al., (2013) memberikan kesimpulan bahwa model pembelajaran berbasis fenomena meningkatkan rasa ingin tahu dan aktivitas belajar. Dari hasil observasi, aktivitas peserta didik meningkat dari 42% pada pertemuan pertama menjadi 85% pada pertemuan terakhir setelah konsisten menggunakan pendekatan fenomena alam.
5. Penelitian yang dilakukan oleh Ngurah (2022) menunjukkan bahwa efektivitas bahan ajar berbasis fenomena mampu meningkatkan hasil belajar kognitif. Guru lebih mudah melihat tahapan pembelajaran dan peserta didik terbiasa dengan bahan ajar berbasis fenomena tersebut.
6. Penelitian yang dilakukan oleh Fuhrmann et al., (2025) menemukan bahwa pembelajaran tentang difusi tinta dalam air panas dan dingin menunjukkan bahwa (1) peserta didik mengembangkan penjelasan mekanistik saat membangun model, (2) penalaran mekanistik dapat berdampingan dengan penjelasan non-kanonik, dan (3) peserta didik bergeser ke penjelasan kanonik setelah membandingkan model mereka dengan data nyata.
7. Penelitian yang dilakukan oleh Allchin (2012) menunjukkan bahwa penggunaan kerangka mekanistik dalam pembelajaran sains membantu peserta didik membangun penjelasan yang lebih mendalam terhadap suatu fenomena. Peserta didik tidak hanya mendeskripsikan fenomena secara permukaan, tetapi mulai menjelaskan hubungan sebab-akibat dan proses mekanisme yang terjadi.
8. Penelitian yang dilakukan oleh Katsh-Singer (2016) menyimpulkan bahwa latihan penalaran mekanistik membantu peserta didik membangun model mental yang lebih akurat dalam memahami konsep sains. Peserta didik menjadi lebih mampu menghubungkan penyebab dan akibat melalui penjelasan mekanisme yang logis.

9. Penelitian yang dilakukan oleh Lossjew et al., (2026) melibatkan 183 peserta didik SMA di Jerman. Hasil menunjukkan bahwa (1) terjadi transisi signifikan menuju penalaran mekanistik yang lebih matang setelah instruksi, dan (2) mode konseptual awal menjadi prediktor kuat pemahaman pasca-instruksi, menyoroti sifat kumulatif dari perkembangan konseptual.
10. Penelitian yang dilakukan oleh Bachtiar et al., (2021) menunjukkan bahwa aktivitas pembelajaran yang mendorong peserta didik menjelaskan proses suatu fenomena fisika dapat meningkatkan mechanistic reasoning. Peserta didik menjadi lebih mampu menghubungkan sebab, proses, dan akibat secara logis melalui representasi dan penjelasan mekanisme fenomena fisika

Tabel 1. 1 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu

No	Nama & Tahun	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Kristyowati (2019)	Menumbuhkan Kepedulian Lingkungan Melalui Literasi Sains: Penggunaan Pendekatan Dan Model Pembelajaran Yang Efektif	Sama-Sama Menggunakan Pendekatan Berbasis Fenomena/Lingkungan Dalam Pembelajaran Sains	Tidak Spesifik Pada CMR, Tidak Terfokus Pada Hukum Archimedes, Dan Tidak Mengukur Keterampilan CMR Secara Khusus
2	Sujito Et al., (2021)	Description In Course Of Mathematical Methods For Physics And Possible Development Of Course Program	Sama-Sama Membahas Pembelajaran Fisika Dan Peningkatan Pemahaman Konsep Melalui Fenomena Klasik	Tidak Menggunakan PBF Secara Spesifik, Tidak Mengukur CMR, Dan Tidak Terfokus Pada Hukum Archimedes
3	Rahmadani Et al., (2022)	Identification Of Students' Ability In Solving	Sama-Sama Pada Materi Fluida (Hukum	Berfokus Pada Identifikasi Miskonsepsi

		Miscellaneous Problems In Fluid Dynamic Material At High School Level	Archimedes) Dan Menganalisis Kemampuan Peserta Didik	Dan Kemampuan Pemecahan Masalah, Bukan Pada Peningkatan CMR Melalui PBF
4	Rizkyanda Et al., (2013)	Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta didik Melalui Model Pembelajaran Berbasis Fenomena (Pbf)	Sama-Sama Menerapkan PBF Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika	Tidak Mengukur CMR Secara Spesifik, Tidak Terfokus Pada Hukum Archimedes
5	Ngurah (2022)	"Bahan Ajar Berbasis Phenomenon Based Learning Untuk Meningkatkan Kecakapan Multiliterasi	Sama-Sama Menggunakan Pendekatan PBF Dalam Pembelajaran	Berfokus Pada Pengembangan Bahan Ajar Dan Kecakapan Multiliterasi, Bukan Pada CMR
6	Fuhrmann et al., (2025)	Right but Wrong: How Students' Mechanistic Reasoning and Conceptual Understandings Shift When Designing Agent-Based Models Using Data	Sama-sama meneliti bagaimana peserta didik mengembangkan penalaran mekanistik dan pergeseran pemahaman konseptual dalam pembelajaran sains . Penelitian ini juga menemukan bahwa penalaran mekanistik peserta didik dapat berkembang seiring dengan pembangunan	Tidak menggunakan pendekatan PBF; berfokus pada materi difusi (bukan Hukum Archimedes); menggunakan agent-based modeling sebagai alat pembelajaran

			model berbasis agen	
7	Allchin (2012)	"The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies For Nature Of Science Education	Sama-Sama Membahas Penalaran Dalam Sains Dan Penjelasan Fenomena Secara Mendalam	Tidak Menggunakan PBF, Tidak Terfokus Pada CMR, Dan Bersifat Pengembangan Studi Kasus Sejarah Sains
8	Kath (2016)	Scientific Argumentation For All Comparing Teacher Beliefs About Argumentation In High, Mid, And Low Socioeconomic Status Schools	Sama-Sama Membahas Kemampuan Argumentasi Dan Penalaran Ilmiah	Berfokus Pada Argumentasi Dan Keyakinan Guru, Tidak Menggunakan PBF, Dan Tidak Mengukur CMR Pada Peserta Didik
9	Lossjew et al., (2026)	Tracking student learning across a conceptual landscape: transitions and differential changes in conceptual modes during a unit on chemical kinetics and equilibrium	Sama-sama menemukan bahwa peserta didik menunjukkan transisi signifikan menuju penalaran mekanistik yang lebih canggih setelah instruksi, dan pemahaman konseptual awal menjadi prediktor kuat pemahaman pasca-instruksi	Berfokus pada materi kimia (kinetika dan kesetimbangan reaksi), bukan fisika atau Hukum Archimedes; tidak menggunakan pendekatan PBF
10	Bachtiar et al., (2021)	Stimulating Mechanistic Reasoning In Physics Using Student-Constructed Stop-Motion Animations	Sama-Sama Meneliti Mechanistic Reasoning Dalam Fisika Dan Menganalisis Penalaran Mekanistik Peserta Didik	Tidak Menggunakan PBF, Menggunakan Media Stop-Motion Animation, Dan Tidak Terfokus Pada

				Hukum Archimedes
--	--	--	--	------------------

Berdasarkan sepuluh penelitian yang telah ditelaah, model pembelajaran berbasis fenomena secara konsisten terbukti mampu meningkatkan berbagai aspek kognitif dan penalaran ilmiah peserta didik. Namun, sejauh ini belum ada penelitian yang secara spesifik mengintegrasikan model tersebut untuk mengukur peningkatan keterampilan *Causal Mechanistic Reasoning* (CMR) peserta didik, khususnya pada materi Hukum Archimedes.

Materi ini merupakan salah satu konsep fundamental dalam kurikulum Fisika yang seringkali hanya dipahami sebatas hafalan rumus tekanan dan gaya apung tanpa memahami mekanisme fisik yang mendasarinya. Pada penelitian-penelitian sebelumnya, fokus utama lebih banyak tertuju pada peningkatan hasil belajar secara umum, literasi sains, atau keterampilan berpikir kritis secara luas tanpa membedah secara mendalam bagaimana peserta didik mengonstruksi penjelasan mekanistik atas suatu fenomena. Oleh karena itu, kebaruan (*novelty*) penelitian ini terfokus pada penerapan pembelajaran berbasis fenomena yang dirancang khusus untuk menstimulasi tahapan CMR peserta didik mulai dari identifikasi entitas hingga pengorganisasian aktivitas fisik pada fenomena-fenomena terkait Hukum Archimedes. Selain itu, penelitian ini relevan sebagai alternatif pembelajaran yang mampu mengubah abstraksi konsep fluida statis menjadi pengalaman belajar yang kontekstual, sehingga membantu peserta didik membangun pemahaman yang logis dan saintifik terhadap fenomena di lingkungan sekitar.