

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Telur bebek merupakan salah satu bahan pangan yang banyak dikonsumsi dan menghasilkan sejumlah besar cangkang telur bebek sebagai produk samping (Melikoglu, 2026). Cangkang telur bebek sering kali belum dimanfaatkan dan dibuang sebagai sampah rumah tangga. Akumulasi limbah cangkang telur bebek yang tidak terpakai dapat menyebabkan masalah lingkungan dan merupakan pemborosan sumber daya. Hal ini menjadi tantangan untuk mengubah limbah cangkang telur bebek menjadi suatu produk yang bernilai tinggi, sehingga mengurangi limbah dan menciptakan produk yang bermanfaat (Melikoglu, 2026).

Pemanfaatan cangkang telur bebek sejalan dengan prinsip pemanfaatan sumber daya berkelanjutan dan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) khususnya SDG 12 yang berfokus pada memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan melalui pengurangan limbah dan penggunaan kembali sumber daya (Papamichael dkk., 2024). Oleh karena itu, pemanfaatan cangkang telur akan mewujudkan konsep keberlanjutan dalam industri kimia. Kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi pada cangkang telur bebek memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai prekursor dalam sintesis nanopartikel kalsium oksida (CaO) (Hemmami dkk., 2024). Karakteristik material pada skala nano berkaitan dengan ukuran partikel, struktur kristal, morfologi, serta sifat permukaan material. Sehingga keberhasilannya perlu ditinjau melalui beberapa teknik karakterisasi seperti *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *X-ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Penggunaan beberapa teknik karakterisasi menuntut kemampuan membaca, menganalisis, dan menginterpretasikan untuk menarik kesimpulan yang komprehensif berdasarkan data eksperimental. Proses inilah yang menjadikan karakterisasi nanopartikel dari cangkang telur bebek tidak hanya relevan sebagai kajian material, tetapi juga berpotensi digunakan sebagai konteks pembelajaran kimia (Urbina dkk., 2024). Proses menganalisis dan menginterpretasikan berbagai

data karakterisasi berkaitan dengan kebutuhan mahasiswa untuk memiliki keterampilan berpikir kritis. Keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan dalam pendidikan abad ke-21 (Saekawati & Nasrudin, 2021). Dalam konteks pendidikan kimia, berpikir kritis sangat penting dan merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari praktik ilmiah. Karena peserta didik dituntut mampu menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, serta menarik kesimpulan secara logis. Namun dalam beberapa penelitian membuktikan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih perlu ditingkatkan (Mufathonah dkk., 2025; Rianti dkk., 2021; Solikah & Novita, 2022). Misalnya pada penelitian Solikah & Novita (2022), sekitar 90% peserta didik terindikasi kesulitan dalam memahami 4 hal penting keterampilan berpikir kritis yaitu interpretasi, menarik kesimpulan, menganalisis data, dan mengevaluasi bukti. Hal ini menunjukkan perlunya pengalaman belajar yang mampu mengatasi permasalahan tersebut.

Mufathonah dkk. (2025) mengemukakan bahwa dasar-dasar keterampilan berpikir kritis dapat diperkuat dengan menerapkan pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing. Pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam pembelajaran dan memperoleh pengetahuan melalui proses penyelidikan dengan dukungan dari pendidik (Jegstad, 2024). Tahapan seperti identifikasi masalah, merumuskan hipotesis, merancang percobaan, melaksanakan percobaan, menganalisis data, menyimpulkan data mendorong mahasiswa untuk memperdalam pemahaman dengan memanfaatkan berbagai informasi dan bukti (Antonio & Prudente, 2023). Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa inkuiri terbimbing mampu melatih berpikir kritis dengan cara mendorong peserta didik untuk menafsirkan informasi atau data, mengevaluasi bukti, dan menarik kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh (Saekawati & Nasrudin, 2021; Solikah & Novita, 2022).

Hal tersebut yang menjadikan pembelajaran inkuiri terbimbing merupakan metode yang tepat untuk mengembangkan bahan ajar yang berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir kritis. Pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing dapat berjalan efektif jika didukung dengan bahan ajar penunjang

berupa lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing. Metode ini membantu peserta didik dalam belajar dan berlatih suatu konsep atau keterampilan melalui aktivitas dan pertanyaan, sehingga peserta didik dapat bereksplorasi dan menunjukkan pemahamannya dengan baik (Rangkuti & Jalal, 2025).

Penelitian sebelumnya sudah melakukan pengembangan lembar kerja berbasis inkuiri untuk melatih keterampilan berpikir kritis, di antaranya penelitian (Rianti dkk., 2021) pada materi Hukum Hooke yang memperoleh skor validitas sebesar 3,345 dengan kategori valid dan skor kepraktisan sebesar 3,47 dengan kategori sangat baik. Ikhwan & Mawardi (2020) juga melakukan penelitian serupa pada materi sifat koligatif yang memperoleh skor validitas sebesar 0,45 dengan kategori *moderate agreement*. Lebih lanjut, penelitian ini juga dilakukan oleh Indahyani dkk. (2025) pada materi kesetimbangan kimia menunjukkan validitas LK pada kategori valid dengan skor median 5 dan nilai kepraktisan sebesar 96,17%.

Penelitian mengenai sintesis nanopartikel CaO telah dilakukan oleh Hemmami dkk. (2024) melakukan *green synthesis* nanopartikel CaO dengan memanfaatkan cangkang telur ayam sebagai prekursor alaminya dan diperoleh nanopartikel CaO berbentuk bulat berdiameter 5-30 nm dengan ukuran kristal berkisar 20 nm. Penelitian lain tentang sintesis nanopartikel CaO dari cangkang telur juga dilakukan dengan metode kalsinasi dengan memanfaatkan variasi suhu dan waktu kalsinasi, diperoleh penurunan ukuran partikel sebesar 76-95% dari ukuran partikel 59,8 μm , mengecil menjadi 12,8-13,7 μm pada waktu kalsinasi 2 hingga 4 jam (Putkham dkk., 2020).

Meskipun penelitian mengenai sintesis nanopartikel dari limbah cangkang telur telah banyak dilakukan, salah satunya seperti yang sudah dilakukan oleh Hemmami dkk. (2024) namun, penelitian yang ada saat ini masih terbatas pada ranah sains murni dan peningkatan sifat material. Lebih lanjut, media ajar terkait nanopartikel dalam Pendidikan Kimia umumnya masih bersifat teoritis dan jarang melibatkan mahasiswa dalam menganalisis data eksperimental. Terbatasnya media ajar yang mendukung pembelajaran pada materi nanopartikel khususnya yang memanfaatkan data karakterisasi FTIR, XRD, dan SEM, mendorong untuk

mengembangkan lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing yang dirancang khusus untuk memandu mahasiswa menginterpretasikan data karakterisasi hasil sintesis nanopartikel cangkang telur bebek guna melatih keterampilan berpikir kritis. Oleh karena itu, dilaksanakanlah penelitian berjudul **“Pengembangan Lembar Kerja Berbasis Inkuiri Terbimbing pada Karakterisasi Nanopartikel dari Cangkang Telur Bebek untuk Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa masalah:

1. Bagaimana hasil uji validasi lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing pada karakterisasi nanopartikel dari cangkang telur bebek untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis?
2. Bagaimana hasil uji kelayakan lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing pada karakterisasi nanopartikel dari cangkang telur bebek untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis?
3. Bagaimana keterampilan mahasiswa dalam menyelesaikan lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing pada karakterisasi nanopartikel dari cangkang telur bebek?
4. Bagaimana hasil karakterisasi nanopartikel yang dihasilkan dari cangkang telur bebek?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka dapat dijelaskan tujuan penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis hasil uji validasi lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing pada karakterisasi nanopartikel dari cangkang telur bebek untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis.
2. Menganalisis hasil uji kelayakan lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing pada karakterisasi nanopartikel dari cangkang telur bebek untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis.

3. Menganalisis keterampilan mahasiswa dalam menyelesaikan lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing pada karakterisasi nanopartikel dari cangkang telur bebek untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis.
4. Mengidentifikasi hasil karakterisasi nanopartikel CaO yang dihasilkan dari cangkang telur bebek.

D. Manfaat Penelitian

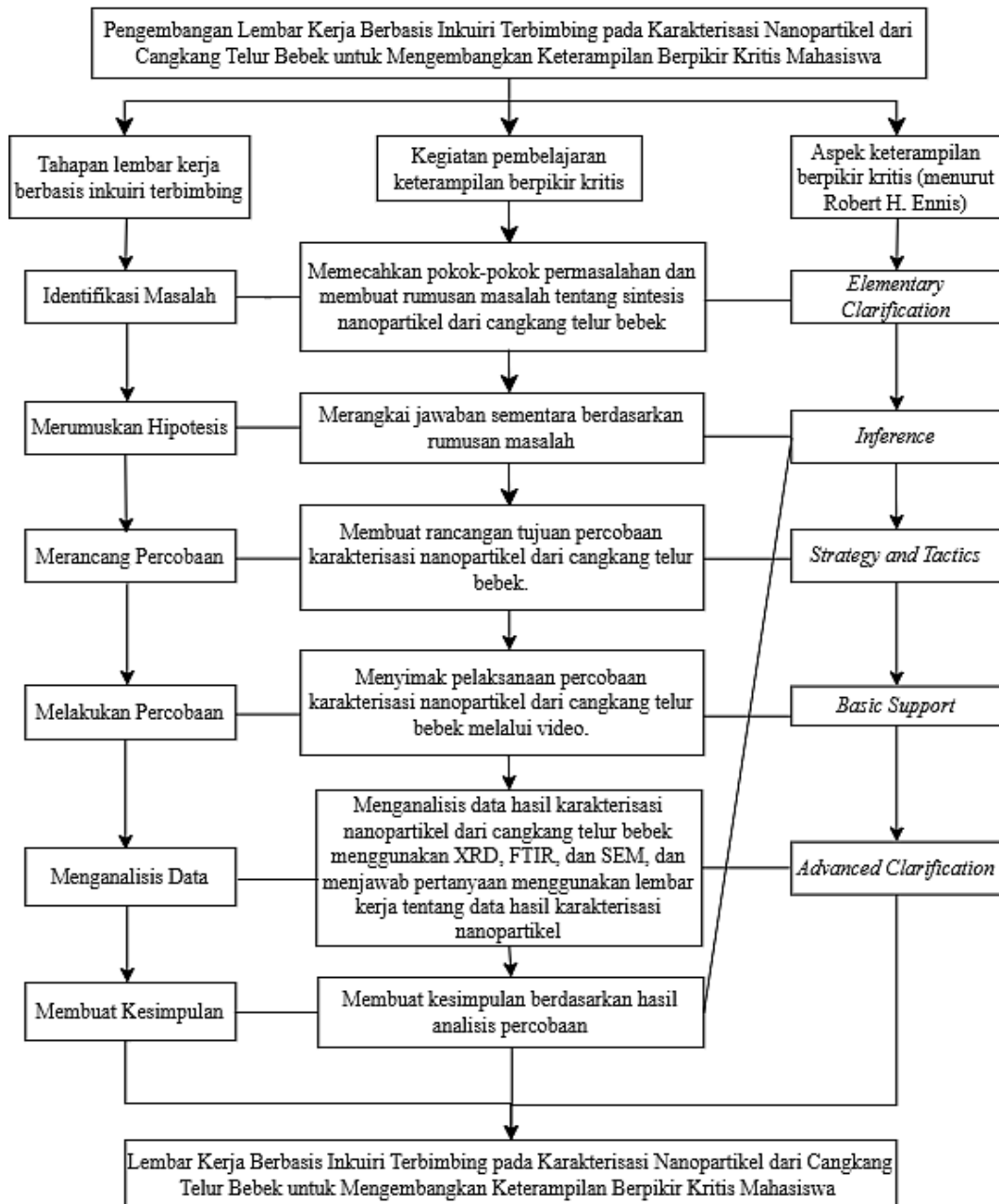
Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat dalam beberapa hal, di antaranya:

1. Meningkatkan pemahaman mahasiswa dalam mempelajari materi instrumentasi kimia.
2. Mengembangkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada karakterisasi nanopartikel dari cangkang telur bebek menggunakan lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing.
3. Meningkatkan wawasan dan menjadi acuan dalam pengembangan lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing.

E. Kerangka Berpikir

Umumnya sintesis nanopartikel membutuhkan bahan baku yang relatif mahal dan proses yang rumit. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan proses sintesis nanopartikel yang lebih sederhana, ramah lingkungan dan relatif murah dengan memanfaatkan limbah cangkang telur bebek sebagai sumber kalsium alami. Proses sintesis nanopartikel CaO dari cangkang telur bebek dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran kimia dengan cara mengembangkan LK berbasis inkuiri terbimbing dengan tujuan melatih keterampilan berpikir kritis dalam berbagai praktik ilmiah. Sehingga diharapkan LKM ini dapat menjadi salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan dengan cara mendorong peserta didik untuk menafsirkan informasi, mengevaluasi bukti, dan menarik kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh (Solikah & Novita, 2022). Melalui pengembangan LK berbasis inkuiri terbimbing, akan dihasilkan suatu produk yang dapat menunjang pembelajaran khususnya untuk melatih keterampilan berpikir kritis mahasiswa melalui hasil

karakterisasi instrumen-instrumen kimia berupa FTIR, XRD, dan SEM serta bagaimana penerapannya dalam sintesis nanopartikel CaO dari cangkang telur bebek. LK dibuat sesuai alur pembelajaran inkuiri terbimbing lalu diintegrasikan dengan aspek-aspek berpikir kritis. Penelitian ini dijelaskan melalui bagan kerangka berpikir seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Kerangka Pemikiran.

F. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian serupa sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti, di antaranya:

Penelitian Rianti dkk. (2021) terkait pengembangan bahan ajar pada materi Elastisitas dan Hukum Hooke dengan model inkuiri terbimbing untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik. Validitas materi ini dikuantifikasi dengan skor rata-rata 3,345 (kategori valid). Lebih lanjut, kepraktisannya ditunjukkan dengan skor implementasi pengajaran sebesar 3,47 (kategori sangat baik), yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam keterlibatan siswa dan keterampilan berpikir kritis selama kegiatan pembelajaran. Selain itu, pada nilai aktivitas siswa menunjukkan rata-rata sebesar 60,06 (kategori baik). Dengan begitu, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar khususnya LKPD berbasis inkuiri terbimbing ini layak digunakan di lingkungan pendidikan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Penelitian yang dilakukan oleh Ikhwan & Mawardi (2020) mengenai pengembangan lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa XII SMA pada materi sifat koligatif. Berdasarkan hasil validitas, diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,45 dengan kategori *moderate agreement*. Rata-rata nilai yang diperoleh dari uji kelompok kecil adalah sebesar 0,21 dengan kategori *fair agreement*. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa LK berbasis inkuiri terbimbing telah valid dan layak untuk digunakan dalam pembelajaran.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Indahyani dkk. (2025) pada materi kesetimbangan. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D yang dibatasi hingga tahapan *define*, *design*, *develop*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji validasi mendapatkan nilai yang tinggi dalam evaluasi ahli dengan skor median 5 dan memperoleh nilai kepraktisan sebesar 96,17%. Sehingga berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa LK berbasis inkuiri terbimbing yang dikembangkan sudah valid dan praktis untuk digunakan dalam pembelajaran kesetimbangan kimia.

Firdaus & Wilujeng (2018) dalam studinya mengenai pengembangan LKPD inkuiri terbimbing untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. Penelitiannya menggunakan kelas kontrol dan kelas eksperimen dan melibatkan pengembangan LKPD yang bertujuan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar dalam pendidikan sains. Studi ini menggunakan lembar observasi, kuesioner, dan tes tertulis untuk pengumpulan data. Temuan menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan mendapat skor validitas 64,3 dengan kategori sangat baik. Sehingga hal ini menunjukkan bahwa LK yang dikembangkan sudah dapat digunakan dalam pembelajaran.

Sebuah kajian mengenai pengembangan lembar kerja berbasis inkuiri terbimbing terhadap keterampilan berpikir kritis siswa oleh Nurkhalida & Nasrudin (2023) pada materi asam-basa menyatakan bahwa LK yang dikembangkan dinyatakan valid dengan rata-rata Modus 3. Kepraktisan penggunaan LK juga diuji melalui respons peserta didik yang memperoleh persentase rata-rata sebesar 89,73% dengan kategori sangat baik dinilai dari aspek isi dan aspek konstruksinya. Penelitian lain yang serupa mengenai pengembangan LK inkuiri terbimbing terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik juga dilakukan oleh Saskara & Yonata (2025) pada materi kesetimbangan kimia. Penelitian ini mengintegrasikan model inkuiri terbimbing dengan *Nested Approach*. Melalui metode R&D, diperoleh validitas isi dan konstruk lembar kerja pada kategori valid dan sangat baik dengan skor median 5. Respons siswa terhadap LK yang dikembangkan juga sangat baik dengan persentase kepraktisan 96,17%. Sehingga berdasarkan data yang diperoleh dan pernyataan atas kevalidan dan kepraktisan lembar kerja yang dikembangkan, selanjutnya lembar kerja dapat digunakan dalam lingkup pendidikan.

Pada penelitian Hemmami dkk. (2024) dilakukan metode *green synthesis* nanopartikel CaO dari cangkang telur ayam dan potensi penggunaannya sebagai agen antimikroba dan adsorben logam berat. Proses ini melibatkan kalsinasi pada suhu 700 °C selama 7 jam untuk menguraikan sepenuhnya kalsium karbonat (CaCO_3) dan komponen lain dari cangkang telur ayam. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa nanopartikel CaO yang diperoleh berbentuk bulat dengan diameter 5-30 nm. Pada hasil XRD ditemukan pola difraksi CaO pada 10 puncak difraksi yang sesuai dengan data JCPDS 00-037-1497, lalu ukuran kristal rata-rata 20 nm. Pada FTIR muncul ikatan Ca–O pada bilangan gelombang 547 cm^{-1} , gugus O–H pada puncak 3637 cm^{-1} dan 1600 cm^{-1} , serta pita serapan C–O pada bilangan gelombang 1480 cm^{-1} dan 871 cm^{-1} . Selanjutnya, pada UV-Vis menunjukkan puncak serapan pada rentang 200-400 nm akibat pembentukan Ca(OH)_2 .

Penelitian lain yang dilakukan oleh Putkham dkk. (2020) menjelaskan bahwa limbah cangkang telur merupakan sumber yang kaya akan kalsium karbonat (CaCO_3) memiliki potensi untuk disintesis menjadi nanopartikel melalui metode dekomposisi termal. Cangkang telur dapat berubah menjadi CaO pada suhu kalsinasi tinggi yaitu 800°C dan 900°C dibuktikan dengan kesesuaian 5 puncak difraksi dengan data JCPDS 00-037-1497 dan puncak utamanya terletak pada $2\theta\ 37,4^\circ$. Saat dikarakterisasi menggunakan laser, pada suhu kalsinasi 800°C selama 1 jam menghasilkan ukuran partikel median CaO sebesar $59,8\ \mu\text{m}$, dan mengecil menjadi $12,8\text{-}13,7\ \mu\text{m}$ pada waktu kalsinasi 2 hingga 4 jam. Pada suhu 900°C selama 1 jam menghasilkan ukuran partikel median CaO sebesar $10,5\ \mu\text{m}$, dan mengecil menjadi $6,4\text{-}10,4\ \mu\text{m}$ pada waktu kalsinasi 2 hingga 4 jam.