

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Integrasi teknologi dalam proses pembelajaran menjadi semakin penting untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan masa depan yang kompleks dan dinamis (Mamahit dkk., 2020). Hal ini kemudian mentransformasikan pendidikan agar selalu mengikuti perkembangan. Sehingga, muncul berbagai jenis model dan pendekatan pembelajaran yang melibatkan teknologi di dalamnya. Salah satunya adalah model pembelajaran proyek berbasis *science, technology, engineering, dan mathematics* (STEM). Model pembelajaran ini lebih dikenal sebagai PjBL-STEM.

Model PjBL berbasis STEM telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan motivasi belajar siswa (Hsu & Tsai, 2022). Pendekatan ini juga mampu mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikasi, dan kolaborasi (Kurniahtunnisa dkk., 2023). Selain itu, penerapan PjBL-STEM memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah, khususnya pada materi fisika, dibandingkan dengan pembelajaran yang tidak diintegrasikan dengan STEM (Parno dkk., 2020).

Namun, implementasi PjBL-STEM di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk kurangnya integrasi, kesiapan guru, dan kurangnya fasilitas (Riskawati dkk., 2025). Hal ini mendorong inovasi PjBL-STEM yang mudah dan murah, sehingga dapat diadaptasi oleh berbagai guru dan berbagai sekolah. Selain itu, penerapan model ini juga harus mempertimbangkan kesesuaian materi pembelajaran agar efektivitasnya dapat tercapai secara optimal.

Penerapan PjBL-STEM ini tidak selamanya cocok untuk semua materi atau bahasan pembelajaran. Sehingga, guru dapat memilih pembelajaran yang sesuai untuk diterapkan model pembelajaran ini. Pemilihan materi yang tepat sangat penting agar penerapan PjBL-STEM tidak hanya menjadi formalitas, tetapi benar-benar mendukung pemahaman konsep yang mendalam dan keterampilan berpikir siswa (Sukmawijaya & Juhandha, 2019).

Salah satu konsep penting dalam kimia yang memerlukan pemahaman mendalam dan keterampilan berpikir tingkat tinggi adalah sifat koligatif larutan (Agung dkk., 2022). Konsep ini menuntut ketelitian dalam pengamatan perubahan suhu sebagai bagian dari proses eksperimen. Namun, di banyak sekolah, pengukuran suhu masih dilakukan secara manual menggunakan termometer analog yang rentan terhadap kesalahan baca dan tidak memungkinkan pencatatan data secara berkelanjutan (Sudimanto, 2019). Padahal, teknologi digital saat ini telah berkembang pesat dan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan akurasi serta efisiensi dalam praktikum.

Hal ini memunculkan peluang untuk mengembangkan pembelajaran proyek berbasis STEM dalam pembuatan termometer digital. Melalui proyek ini, siswa tidak hanya mempelajari konsep suhu dan perubahan fisis larutan, tetapi juga terlibat langsung dalam perancangan alat, pengolahan data sensor, serta analisis hasil pengukuran. Aktivitas ini mendorong integrasi antar disiplin ilmu, yakni sains, teknologi, teknik, dan matematika. Hal ini sekaligus melatih keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kemampuan berpikir tingkat tinggi, dan kreativitas (Sumardiana dkk., 2019).

Kemampuan berpikir tingkat tinggi merupakan elemen krusial dalam pendidikan saat ini. Kemampuan berpikir tingkat tinggi mencakup kemampuan untuk berpikir kritis, memecahkan masalah kompleks, dan mengambil keputusan berdasarkan informasi dan analisis. Effendi & Yoto (2024) menjelaskan bahwa penerapan PjBL-STEM memberikan tantangan kognitif yang dapat mendorong peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi secara signifikan.

Kemampuan berpikir tingkat tinggi menjadi salah satu kompetensi kunci yang harus dikuasai siswa di abad 21. Kemampuan berpikir tingkat tinggi mencakup kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta, yang sangat diperlukan dalam memecahkan masalah kompleks (Yulianto dkk., 2024). Dalam konteks pembelajaran sifat koligatif larutan, Kemampuan berpikir tingkat tinggi diperlukan untuk menganalisis hubungan antar variabel, mengevaluasi hasil percobaan, dan merancang solusi untuk masalah terkait.

Selain kemampuan berpikir tingkat tinggi, kreativitas juga menjadi kompetensi penting yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran sains. Kreativitas tidak hanya terbatas pada seni, tetapi juga mencakup kemampuan menghasilkan ide-ide baru dalam konteks ilmiah dan teknologi. Model pembelajaran berbasis proyek sangat mendukung pengembangan kreativitas karena memberikan ruang bagi siswa untuk merancang solusi unik terhadap permasalahan (Gusmanely dkk., 2024).

Terdapat beberapa penelitian yang berkaitan dengan keberhasilan penerapan PjBL-STEM dalam pembelajaran kimia. Setiawan dkk. (2025) menjelaskan bahwa model PjBL-STEM merupakan model yang relatif baru dalam pembelajaran kimia. Model ini sangat cocok untuk memfasilitasi pembelajaran kimia secara holistik dalam mencapai tujuan pembelajaran.

Studi meta-analisis oleh Abichandani dkk. (2022) terhadap implementasi STEM berbasis PjBL menemukan bahwa meskipun ada peningkatan keterampilan berpikir kritis dan analitis, masih terdapat kesenjangan dalam penerapan dan pengembangan teknologi modern dalam pembelajaran sains. Hal ini dikarenakan guru masih menganggap teknologi sebagai alat bantu pada pendekatan STEM. Sehingga, tidak terjadi integrasi secara penuh pada pemanfaatan teknologi atau pengembangan teknologi.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan di 12 sekolah tingkat menengah atas di Kabupaten Bandung menunjukkan bahwa 91,6% guru (11 sekolah) mengetahui model pembelajaran PjBL-STEM. Studi pendahuluan ini, dilakukan pada guru-guru kimia, khususnya yang mengajar pada fase F. Dari persentase tersebut, hanya 10 dari 11 sekolah yang menerapkan model pembelajaran ini dalam pembelajaran di kelas. Akan tetapi, penerapan ini masih terbatas pada pemanfaatan teknologi sebagai alat bantu seperti media presentasi atau sebagai *search engine*. Dengan demikian, pengembangan teknologi yang sesuai dengan materi yang dipelajari masih sangat kurang (Maritsa dkk., 2021).

Temuan lain pada studi pendahuluan adalah guru-guru kimia menyatakan bahwa terdapat keterbatasan sumber daya dalam penerapan model PjBL-STEM. Selain itu, guru juga masih dibebani oleh jam mengajar yang kurang dan beban

materi yang banyak. Dengan demikian, hal ini mempengaruhi pemilihan model pembelajaran yang digunakan guru (Daswati & Somantri, 2020).

Temuan lainnya menunjukkan bahwa pada pembelajaran sifat koligatif larutan, guru hanya menggunakan model pembelajaran berbasis praktikum sederhana (Laka & Birhi, 2024). Proyek yang dibuat sering kali berfokus pada pembelajaran Inquiry dan menyelesaikan pembelajaran menggunakan LKPD atau diskusi kelompok. Sebagian guru menjelaskan masih menggunakan model ceramah dalam pembelajaran materi sifat koligatif larutan ini. Hal ini menunjukkan terbatasnya akses guru dalam memahami desain pembelajaran PjBL-STEM yang lebih menekankan pada aspek teknologi.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti bertujuan untuk mengintegrasikan model PjBL-STEM dengan proyek pengembangan teknologi sederhana, yakni *realtime temperature monitoring* (RTM). Hal ini dilakukan untuk mengembangkan aspek berpikir tingkat tinggi dan kreativitas peserta didik melalui pembelajaran materi koligatif yang diintegrasikan dengan pengembangan teknologi. Sehingga, peserta didik tidak hanya melakukan eksperimen sederhana di ruang lab, tetapi juga mengembangkan teknologi yang dapat digunakan untuk menunjang proses pembelajaran eksperimen tersebut. Oleh karena itu, peneliti mengambil judul penelitian tesis “**Desain Pembelajaran PjBL Berbasis STEM Terintegrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*) Pada Konsep Sifat Koligatif Larutan untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi dan Mengembangkan Kreativitas Peserta Didik**”. Adapun kebaruan yang dimunculkan pada penelitian ini meliputi integrasi model PjBL, pendekatan STEM, dan penerapan sistem otomasi berbasis Arduino dalam pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, kreativitas, dan respon peserta didik.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan desain PjBL berbasis STEM terintegrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*) pada konsep sifat koligatif larutan?

2. Bagaimana penerapan desain PjBL berbasis STEM terintegrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*) pada konsep sifat koligatif larutan?
3. Bagaimana peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan kreativitas Peserta Didik pada konsep sifat koligatif larutan melalui PjBL berbasis STEM terintegrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*)?
4. Bagaimana respon Peserta Didik terhadap pembelajaran pembelajaran PjBL berbasis STEM terintegrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*) pada konsep sifat koligatif larutan?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan pengembangan desain PjBL berbasis STEM terintegrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*) pada konsep sifat koligatif larutan.
2. Menganalisis penerapan desain PjBL berbasis STEM terintegrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*) pada konsep sifat koligatif larutan.
3. Menganalisis peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan kreativitas peserta didik pada konsep sifat koligatif larutan melalui PjBL berbasis STEM terintegrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*)
4. Menganalisis respon Peserta Didik terhadap pembelajaran pembelajaran PjBL berbasis STEM terintegrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*) pada konsep sifat koligatif larutan.

D. Manfaat Hasil Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis pada pengembangan model pembelajaran inovatif yang mengintegrasikan pendekatan STEM, *Project-Based Learning* (PjBL), dan teknologi *Realtime Temperature Monitoring* (RTM) untuk pembelajaran konsep sifat koligatif larutan. Model ini dapat menjadi acuan teoritis bagi guru dan peneliti dalam merancang pembelajaran yang lebih kontekstual,

interaktif, dan relevan dengan perkembangan teknologi terkini. Selain itu, penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan pembelajaran lanjutan.

2. Manfaat Praktis

a. Manfaat Untuk Pendidik

Pendidik atau guru dapat memanfaatkan desain pembelajaran yang dikembangkan termasuk instrumen seperti modul ajar dan LKPD dalam pembelajaran di kelas. Selain itu, pendidik juga dapat mengembangkan lebih lanjut desain yang dibuat melalui modifikasi sesuai dengan kebutuhan dan materi. Sehingga, penelitian ini dapat menjadi acuan dalam memahami pentingnya penerapan PjBL-STEM dalam pembelajaran.

b. Manfaat Untuk Peserta Didik

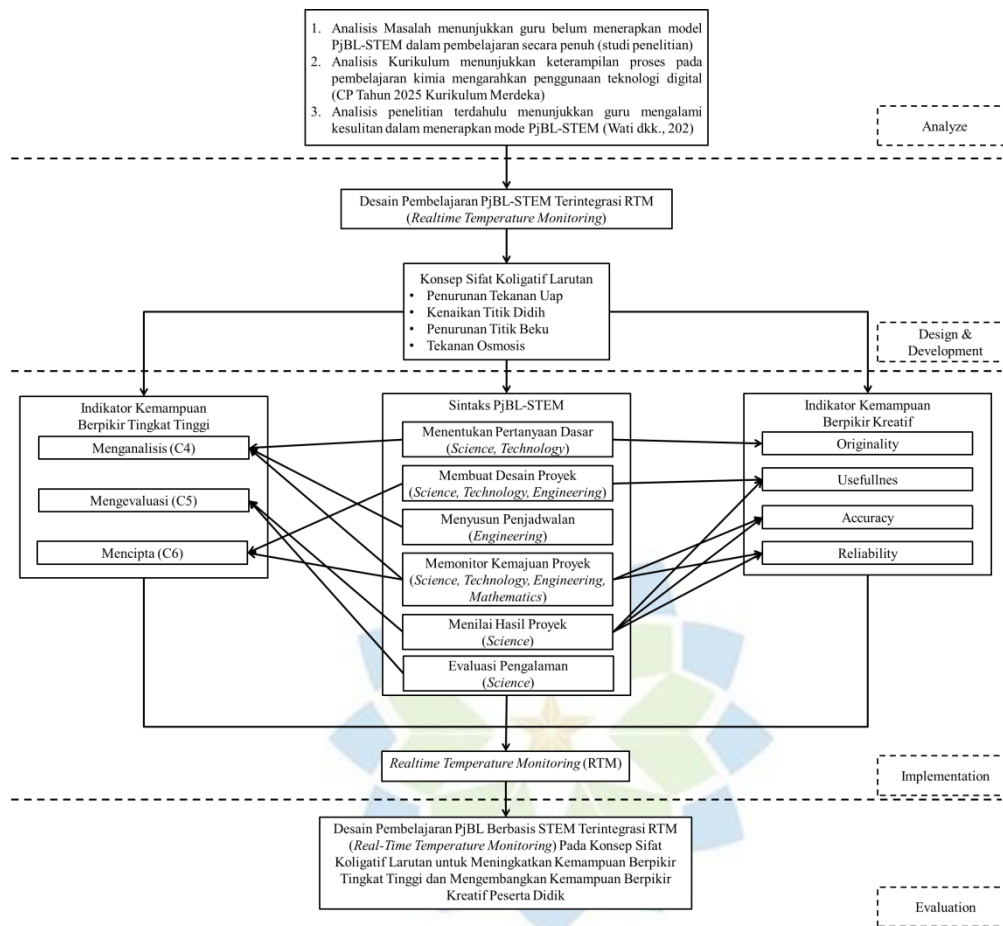
Penelitian ini membuka kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan kreativitas melalui pengembangan proyek RTM dan penerapannya pada materi sifat koligatif larutan. Selain itu, peserta didik juga mendapatkan kesempatan dalam mempelajari bagaimana suatu proyek teknologi dikembangkan secara sederhana. Sehingga, membuka wawasan peserta didik yang dapat menjembatani persepsi pengembangan teknologi itu sulit dan rumit.

c. Manfaat Untuk Sekolah

Penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan sekolah dalam mengembangkan alur integrasi proyek berbasis teknologi pada berbagai mata pelajaran. Hal ini terutama dalam menyusun kurikulum sekolah yang diimplementasikan oleh guru-guru. Sehingga, dapat membentuk suatu sistem pembelajaran yang bersifat konstruktif dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan kreativitas peserta didik.

E. Kerangka Berpikir

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah diuraikan, disusun skema alur kerangka pemikiran penelitian seperti pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Alur kerangka berpikir penelitian

Kerangka berpikir ini menggambarkan suatu pendekatan komprehensif untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan mengembangkan kreativitas peserta didik dalam konteks pembelajaran sains, khususnya pada topik sifat koligatif larutan. Pendekatan ini mengintegrasikan tiga metodologi utama: Pendekatan STEM, Pembelajaran Berbasis Proyek, dan Integrasi *Realtime Temperature Monitoring* (RTM)

Pendekatan STEM menjadi fondasi dengan mengintegrasikan Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika, menekankan pembelajaran kontekstual, dan fokus pada pemecahan masalah dunia nyata. Hal ini memungkinkan Peserta Didik untuk melihat koneksi antara berbagai disiplin ilmu dan bagaimana mereka dapat diterapkan dalam situasi praktis. Sementara itu, Pembelajaran Berbasis Proyek memberikan struktur metodologis yang terdiri dari enam tahap, yakni menentukan tujuan pembelajaran, merancang proyek, menyiapkan materi dan sumber daya,

memulai proyek, evaluasi dan penilaian, serta refleksi dan perbaikan. Pendekatan ini mendorong Peserta Didik untuk aktif dalam proses pembelajaran, mengembangkan keterampilan manajemen proyek, dan meningkatkan pemahaman mereka melalui pengalaman langsung.

Integrasi RTM membawa dimensi teknologi yang kuat ke dalam pembelajaran dengan memungkinkan pengumpulan data *real-time*, visualisasi data, dan analisis data. Pendekatan ini tidak hanya memperkenalkan peserta didik pada teknologi modern yang relevan dengan industri, tetapi juga memungkinkan mereka untuk melihat aplikasi langsung dari konsep-konsep yang mereka pelajari dalam pengumpulan dan analisis data suhu.

Semua elemen ini bersama-sama mendukung pembelajaran sifat koligatif larutan, suatu topik dalam kimia yang memerlukan pemahaman mendalam dan kemampuan analitis. Dengan menggunakan pendekatan terpadu ini, Peserta Didik tidak hanya belajar tentang konsep-konsep abstrak, tetapi juga melihat bagaimana konsep-konsep tersebut beroperasi dalam dunia nyata melalui eksperimen dan analisis data. Hasilnya diharapkan adalah peningkatan signifikan dalam kemampuan berpikir tingkat tinggi dan mengembangkan kreativitas Peserta Didik, yang akan bermanfaat tidak hanya dalam pembelajaran sains tetapi juga dalam berbagai aspek kehidupan mereka di masa depan.

F. Hipotesis Penelitian

Hipotesis adalah pernyataan spesifik yang bersifat prediksi dari hubungan atau pengaruh antara dua atau lebih variabel. Adapun hipotesis yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Hipotesis Utama

Penerapan desain pembelajaran PjBl berbasis STEM terintegrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*) pada konsep sifat koligatif larutan secara signifikan dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan mengembangkan kreativitas Peserta Didik.

2. Hipotesis Pendukung

- a. Integrasi RTM (*Real-Time Temperature Monitoring*) dalam pembelajaran konsep sifat koligatif larutan meningkatkan pemahaman peserta didik secara signifikan.
- b. Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran konsep sifat koligatif larutan meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan mengembangkan kreativitas Peserta Didik secara signifikan.
- c. Integrasi teknologi dalam pembelajaran sifat koligatif larutan memberikan pengaruh signifikan terhadap motivasi belajar peserta didik.

Hipotesis ini memberikan kerangka kerja ilmiah yang jelas untuk penelitian. Dengan adanya hipotesis utama dan pendukung, penelitian dapat dirancang secara sistematis untuk menguji keefektifan pendekatan PjBL berbasis STEM yang terintegrasi dengan RTM pada pembelajaran sifat koligatif larutan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan pembelajaran sains yang relevan dengan era teknologi 4.0.

