

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembelajaran fisika berperan penting dalam membekali peserta didik memahami fenomena alam melalui proses ilmiah. Pembelajaran fisika tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan proses sains, seperti mengamati, merancang penyelidikan, menganalisis data, mengevaluasi hasil, dan mengomunikasikan temuan secara sistematis. Kompetensi tersebut sejalan dengan Capaian Pembelajaran (CP) Fisika Fase F Kurikulum Merdeka yang menekankan penerapan keterampilan inkuiri sains dalam membangun pemahaman konsep fisika (BSKAP, 2025).

Eksperimen memberikan pengalaman belajar secara langsung sehingga konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak lebih mudah dipahami melalui proses pengamatan, pengukuran, dan analisis hasil percobaan. Pengalaman tersebut turut mengembangkan keterampilan proses sains serta memperdalam pemahaman konsep fisika (Yan Yu, 2023).

Perkembangan teknologi digital turut mendukung pelaksanaan eksperimen melalui penggunaan perangkat yang membantu proses pengukuran dan pencatatan data secara lebih sistematis (Evains et al., 2024). Keberhasilan pembelajaran fisika dipengaruhi oleh ketersediaan bahan ajar yang mampu membantu peserta didik memahami konsep sekaligus terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Bahan ajar yang dikembangkan sesuai dengan karakteristik materi dan peserta didik dapat meningkatkan penguasaan konsep serta motivasi belajar (Pebriana et al., 2023). Salah satu bahan ajar yang mendukung proses tersebut adalah modul yang disusun secara sistematis untuk memfasilitasi pembelajaran mandiri sehingga membantu peserta didik mencapai tujuan pembelajaran (Aliyah, 2022).

Salah satu materi fisika pada Fase F adalah kalor laten yang membahas proses perubahan wujud zat melalui pengamatan kurva pemanasan.

Pemahaman materi ini memerlukan pengamatan hubungan antara suhu dan waktu selama proses perubahan fase yang direpresentasikan melalui kurva pemanasan atau pendinginan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran fisika masih didominasi oleh penyampaian materi secara teoritis sehingga peserta didik belum memperoleh kesempatan yang optimal untuk melakukan penyelidikan dan kegiatan eksperimen secara mandiri (Farida, 2022; Raharja et al., 2024). Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik kurang memperoleh pengalaman dalam mengamati fenomena, melakukan pengukuran, mengumpulkan data, dan menganalisis hasil percobaan sehingga pemahaman konsep fisika belum berkembang secara optimal.

Bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran fisika umumnya belum dirancang untuk memfasilitasi kegiatan eksperimen secara sistematis, padahal modul berperan penting dalam membimbing peserta didik melaksanakan penyelidikan melalui tahapan kegiatan yang terstruktur (Raharja et al., 2024). Pelaksanaan praktikum juga masih menghadapi kendala pada proses pengukuran dan pencatatan data yang banyak dilakukan secara manual sehingga berpotensi menimbulkan human error, menghasilkan data yang kurang kontinu, serta menyulitkan peserta didik dalam menganalisis hasil eksperimen (Efendi et al., 2023; Suwardi et al., 2022).

Pendekatan STEM menjadi salah satu alternatif untuk menghubungkan konsep fisika dengan penerapannya dalam penyelesaian masalah nyata. Pendekatan ini mendorong peserta didik mengintegrasikan aspek Science, Technology, Engineering, dan Mathematics melalui kegiatan pembelajaran sehingga dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Le & Nguyen, 2023). Karakteristik tersebut menjadikan pendekatan STEM relevan diterapkan pada pembelajaran fisika yang melibatkan kegiatan eksperimen dan analisis data, termasuk pada materi kalor (Putri et al., 2026; Wulandari & Pujianto, 2025).

Pemanfaatan data logger dalam kegiatan eksperimen menjadi salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan proses pengukuran dan pencatatan data. Data logger mampu merekam data suhu secara otomatis, kontinu, dan real time

sehingga menghasilkan data pengukuran yang lebih akurat serta memudahkan proses pengamatan dan analisis hasil eksperimen (Ieyasu Takimoto, 2022; Wibowo et al., 2023). Penggunaan data logger juga mendukung pembelajaran berbasis eksperimen melalui pencatatan data secara berkelanjutan sehingga hasil pengukuran dapat disajikan secara lebih sistematis (Maryam et al., 2025).

Beberapa penelitian telah mengembangkan e-modul berbasis STEM pada materi suhu dan kalor untuk mendukung pembelajaran mandiri (Simbolon et al., 2023). Penelitian lain mengembangkan modul eksperimen berbasis sensor smartphone untuk memfasilitasi kegiatan praktikum pada materi mekanika. Pengembangan perangkat praktikum berbasis Arduino yang dilengkapi data logger juga telah dilakukan untuk mendukung pengukuran pada materi perpindahan kalor, sedangkan virtual lab berbasis STEM dikembangkan untuk meningkatkan pemahaman konsep suhu dan kalor (Maryam et al., 2025; Syukri et al., 2022). Meskipun demikian, belum ditemukan pengembangan modul eksperimen pada materi kalor laten yang mengintegrasikan pendekatan STEM dan pemanfaatan data logger dalam satu produk pembelajaran. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan bahan ajar yang tidak hanya menyajikan konsep kalor laten, tetapi juga memfasilitasi kegiatan eksperimen secara sistematis melalui pendekatan STEM berbantuan data logger.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan mengembangkan Modul Eksperimen Kalor Laten dengan Pendekatan STEM Berbantuan Data Logger sebagai bahan ajar yang mendukung pelaksanaan eksperimen secara sistematis pada materi kalor laten. Pengembangan modul tersebut diharapkan menghasilkan bahan ajar yang valid dan layak digunakan untuk mendukung pembelajaran serta pelaksanaan eksperimen pada materi kalor laten.

B. Fokus Penelitian

Penelitian ini berfokus pada pengembangan modul eksperimen kalor laten dengan Pendekatan STEM berbantuan data logger.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalahnya yaitu “Apakah modul eksperimen kalor laten dengan pendekatan STEM berbantuan data logger yang dikembangkan dapat digunakan untuk pembelajaran fisika di SMA?”.

D. Manfaat Penelitian

a) Manfaat Teoritis

Penelitian ini memperkaya kajian teoretis mengenai desain modul eksperimen fisika berbasis STEM dengan integrasi data logger. Produk yang dikembangkan dapat menambah referensi terkait karakteristik, struktur, dan prinsip perancangan modul eksperimen modern, serta memperkuat landasan konseptual penggunaan teknologi sensor dalam perangkat ajar. Temuan proses pengembangan dan hasil validasi ahli dapat memperluas literatur tentang praktik terbaik dalam merancang modul eksperimen yang selaras dengan kebutuhan pembelajaran kontemporer.

b) Manfaat Praktis

Penelitian ini menghasilkan modul eksperimen kalor laten berbantuan data logger yang dapat digunakan guru sebagai perangkat ajar praktikum yang lebih terstruktur, efisien, dan sesuai perkembangan teknologi laboratorium pendidikan. Modul ini juga memberikan panduan eksperimen yang jelas bagi siswa sehingga kegiatan praktikum dapat berlangsung lebih terarah tanpa membutuhkan interpretasi hasil belajar. Selain itu, sekolah memperoleh sumber ajar yang tervalidasi untuk 3 memperkaya fasilitas laboratorium fisika, sementara peneliti lain dapat memanfaatkan dokumentasi proses dan hasil pengembangan modul ini sebagai dasar untuk inovasi dan penelitian lanjutan

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Konsep Pengembangan Model

1) Penelitian Pengembangan Pendidikan

Penelitian dan pengembangan (Research and Development atau R&D) merupakan salah satu metode penelitian yang bertujuan menghasilkan suatu produk sekaligus menguji kualitas produk tersebut agar layak digunakan dalam memecahkan suatu permasalahan. Produk yang dihasilkan tidak hanya berupa benda fisik, tetapi juga dapat berupa modul, media pembelajaran, bahan ajar, perangkat pembelajaran, model pembelajaran, maupun aplikasi pendidikan yang dikembangkan berdasarkan kebutuhan pengguna. Fokus utama penelitian ini tidak hanya menghasilkan produk, tetapi juga memastikan bahwa produk tersebut memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas melalui serangkaian proses pengembangan.

Sugiyono (2019) menjelaskan bahwa penelitian dan pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu sekaligus menguji keefektifan produk tersebut sebelum diterapkan secara luas. Pendapat tersebut sejalan dengan Richey dan Klein (2014) yang mendefinisikan penelitian dan pengembangan sebagai kajian sistematis mengenai proses perancangan (design), pengembangan (development), dan evaluasi suatu produk pembelajaran untuk menghasilkan produk yang efektif serta sesuai dengan kebutuhan pengguna. Akker et al (2013) menambahkan bahwa penelitian pengembangan tidak hanya menghasilkan produk, tetapi juga menghasilkan pengetahuan mengenai proses pengembangan produk tersebut sehingga dapat menjadi dasar bagi pengembangan inovasi pendidikan pada penelitian berikutnya.

Karakteristik penelitian pengembangan berbeda dengan penelitian deskriptif maupun eksperimen karena berorientasi pada penyelesaian masalah melalui penciptaan suatu produk. Proses penelitian dilakukan

secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan, perancangan produk, pengembangan, validasi oleh ahli, revisi, hingga pengujian produk. Setiap tahapan saling berkaitan sehingga produk yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan pengguna. Branch (Branch, 2009) menjelaskan bahwa proses pengembangan yang sistematis memungkinkan produk mengalami penyempurnaan secara bertahap berdasarkan hasil evaluasi pada setiap tahap pengembangan. Karakteristik tersebut menjadikan penelitian pengembangan banyak digunakan dalam menghasilkan media pembelajaran, modul, perangkat ajar, maupun inovasi pembelajaran berbasis teknologi.

Penelitian dan pengembangan memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode penelitian lainnya. Produk yang dihasilkan dapat langsung diterapkan untuk mengatasi permasalahan yang ditemukan di lapangan sehingga memberikan manfaat secara praktis. Proses validasi oleh ahli serta revisi berdasarkan masukan pengguna juga meningkatkan kualitas produk sebelum digunakan secara luas. Richey dan Klein (2014) menjelaskan bahwa penelitian pengembangan menghasilkan produk yang tidak hanya memiliki dasar teoritis yang kuat, tetapi juga telah melalui proses evaluasi sehingga lebih mudah diimplementasikan dalam konteks pembelajaran.

Penelitian dan pengembangan memiliki beberapa keterbatasan dalam pelaksanaannya. Proses pengembangan dilakukan melalui tahapan yang sistematis dan bersifat iteratif sehingga memerlukan waktu, tenaga, serta sumber daya yang lebih besar dibandingkan metode penelitian lainnya. Setiap tahapan pengembangan membutuhkan proses validasi, evaluasi, dan penyempurnaan produk agar kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan tujuan pengembangan. McKenney dan Reeves (2020) menjelaskan bahwa penelitian pengembangan menuntut kolaborasi antara peneliti dan praktisi serta memerlukan penggunaan berbagai metode penelitian selama proses pengembangan. McKenney dan Nieveen (2025) juga menyatakan bahwa siklus eksplorasi, desain, implementasi, evaluasi, dan penyempurnaan

dalam Educational Design Research bersifat kompleks dan memerlukan waktu yang cukup panjang sehingga sering menjadi tantangan dalam pelaksanaannya, terutama ketika penelitian memiliki keterbatasan sumber daya.

Penggunaan penelitian dan pengembangan dalam bidang pendidikan semakin relevan seiring dengan berkembangnya teknologi dan kebutuhan pembelajaran yang terus berubah. Pendekatan ini memungkinkan peneliti menghasilkan berbagai inovasi pembelajaran yang disesuaikan dengan karakteristik peserta didik, kurikulum, serta perkembangan teknologi pendidikan. Produk yang dihasilkan, seperti modul elektronik, media pembelajaran interaktif, perangkat pembelajaran, maupun bahan ajar digital, dapat meningkatkan kualitas proses pembelajaran karena dikembangkan berdasarkan analisis kebutuhan dan telah melalui proses validasi. Hasil systematic literature review yang dilakukan oleh Dewi dkk. (2024) menunjukkan bahwa penelitian pengembangan masih menjadi pendekatan yang dominan dalam pengembangan media dan perangkat pembelajaran karena mampu menghasilkan produk yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.

Penelitian dan pengembangan menjadi pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini karena sejalan dengan tujuan penelitian, yaitu menghasilkan modul eksperimen kalor laten dengan pendekatan STEM berbantuan data logger. Pendekatan tersebut memungkinkan proses pengembangan produk dilakukan secara sistematis sehingga modul yang dihasilkan memiliki kualitas yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran.

2) Model Pengembangan

Model ADDIE merupakan salah satu model desain pembelajaran yang banyak digunakan dalam penelitian pengembangan (Research and Development/R&D). Istilah ADDIE merupakan akronim dari lima tahapan pengembangan, yaitu Analysis (analisis), Design (perancangan), Development (pengembangan), Implementation (implementasi), dan

Evaluation (evaluasi). Menurut Branch (2009), model ADDIE dikembangkan sebagai suatu kerangka kerja sistematis yang digunakan untuk merancang, mengembangkan, mengimplementasikan, dan mengevaluasi produk pembelajaran agar sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.

Morrison, Ross, Morrison, dan Kalman (2019) menyatakan bahwa model ADDIE merupakan model desain pembelajaran yang bersifat sistematis dan fleksibel. Setiap tahapan dalam model ini saling berkaitan dan memungkinkan adanya revisi berdasarkan hasil evaluasi pada setiap tahap pengembangan. Oleh karena itu, model ADDIE tidak hanya berorientasi pada hasil akhir berupa produk pembelajaran, tetapi juga memperhatikan kualitas proses pengembangan sehingga produk yang dihasilkan dapat memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif.

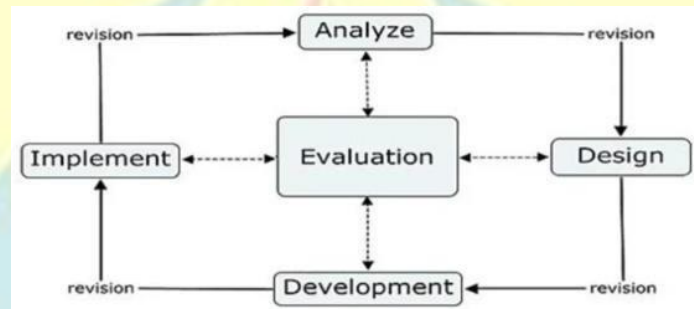
Seiring dengan perkembangan teknologi pendidikan, model ADDIE masih banyak digunakan dalam pengembangan berbagai produk pembelajaran, seperti media pembelajaran, modul, e-modul, multimedia interaktif, perangkat pembelajaran, maupun bahan ajar digital. Hasil analisis bibliometrik yang dilakukan oleh Shahidayanti et al. (2023) menunjukkan bahwa model ADDIE tetap menjadi salah satu model pengembangan yang paling banyak digunakan dalam penelitian pendidikan karena memiliki prosedur yang jelas, sistematis, serta mudah diadaptasi sesuai dengan karakteristik produk yang dikembangkan.

Model ADDIE memiliki beberapa karakteristik yang membedakannya dari model pengembangan lainnya. Menurut Yaumi (2017), karakteristik model ADDIE meliputi beberapa aspek, yaitu:

- a. Bersifat sistematis, karena setiap tahapan dilaksanakan secara berurutan dan saling berkaitan.
- b. Berorientasi pada tujuan pembelajaran, sehingga seluruh proses pengembangan diarahkan untuk mencapai kompetensi yang telah ditetapkan.

- c. Fleksibel, karena memungkinkan adanya revisi dan penyempurnaan pada setiap tahap pengembangan.
- d. Berpusat pada peserta didik, melalui analisis kebutuhan dan karakteristik pengguna sebagai dasar dalam mengembangkan produk pembelajaran.
- e. Menggunakan evaluasi secara berkelanjutan, baik evaluasi formatif maupun evaluasi sumatif, untuk menjamin kualitas produk yang dihasilkan.

Berdasarkan karakteristik tersebut, model ADDIE dinilai mampu menghasilkan produk pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan memiliki kualitas yang baik.



Gambar 1. Langkah-Langkah Model ADDIE

Sumber : (id.wikipedia.org)

Model ADDIE terdiri atas lima tahapan utama yang dilaksanakan secara sistematis menurut Branch (2009) setiap tahapan memiliki fungsi yang berbeda, namun saling berkaitan dalam menghasilkan produk pembelajaran yang berkualitas.

1) Analysis (Analisis)

Tahap analisis merupakan tahap awal dalam model ADDIE yang bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai kebutuhan yang menjadi dasar pengembangan suatu produk pembelajaran. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini meliputi analisis kebutuhan pembelajaran, identifikasi karakteristik peserta didik, analisis kurikulum, analisis materi pembelajaran, serta identifikasi permasalahan yang dihadapi

dalam proses pembelajaran. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam menentukan tujuan dan spesifikasi produk yang akan dikembangkan (Branch, 2020; Morrison et al., 2019).

2) Design (Perancangan)

Tahap perancangan merupakan proses penyusunan rancangan produk berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Pada tahap ini dirancang tujuan pembelajaran, strategi pembelajaran, materi, media, instrumen penilaian, serta rancangan tampilan produk. Branch (Branch, 2009) menjelaskan bahwa tahap desain berfungsi sebagai pedoman dalam proses pengembangan sehingga produk yang dihasilkan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.

3) Development (Pengembangan)

Tahap pengembangan merupakan proses mewujudkan rancangan yang telah disusun menjadi suatu produk pembelajaran. Pada tahap ini dilakukan pembuatan produk, penyusunan materi, penyempurnaan desain, serta validasi oleh para ahli untuk mengetahui tingkat kelayakan produk. Menurut Branch (2009), proses validasi merupakan bagian penting dalam tahap pengembangan karena bertujuan memastikan bahwa produk telah memenuhi standar kualitas sebelum digunakan.

4) Implementation (Implementasi)

Tahap implementasi merupakan proses penerapan produk pembelajaran kepada pengguna. Pada tahap ini produk digunakan dalam situasi pembelajaran yang sebenarnya untuk mengetahui keterlaksanaan penggunaan produk serta memperoleh umpan balik dari pengguna.

5) Evaluation (Evaluasi)

Tahap evaluasi merupakan tahap akhir dalam model ADDIE yang bertujuan untuk menilai kualitas produk maupun proses pengembangannya. Branch (2009) menjelaskan bahwa evaluasi terdiri

atas evaluasi formatif yang dilakukan pada setiap tahapan pengembangan dan evaluasi sumatif yang dilakukan setelah seluruh proses pengembangan selesai. Melalui evaluasi tersebut dapat diketahui kelebihan, kelemahan, serta bagian-bagian yang perlu diperbaiki sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang optimal.

Model ADDIE memiliki beberapa kelebihan, yaitu memiliki tahapan yang sistematis dan mudah dipahami, bersifat fleksibel sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengembangan, serta memungkinkan adanya evaluasi dan revisi pada setiap tahap untuk menghasilkan produk pembelajaran yang berkualitas (Latip, 2022).

Model ADDIE dipilih sebagai model pengembangan karena tahapan yang dimilikinya sistematis, fleksibel, dan mudah diterapkan dalam proses pengembangan. Evaluasi pada setiap tahap juga memungkinkan penyempurnaan produk secara berkelanjutan sehingga kualitas produk yang dihasilkan dapat lebih optimal.

B. Konsep Model yang Dikembangkan

1. Modul Pembelajaran

a) Pengertian Modul Pembelajaran

Modul pembelajaran merupakan salah satu bentuk bahan ajar yang disusun secara sistematis untuk memfasilitasi peserta didik mencapai kompetensi pembelajaran secara mandiri. Penyajian materi dalam modul dirancang secara runtut sehingga peserta didik dapat belajar sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajarnya.

Prastowo (2015) mendefinisikan modul sebagai bahan ajar yang disusun secara sistematis dengan menggunakan bahasa yang mudah dipahami sesuai tingkat perkembangan peserta didik, sehingga memungkinkan mereka belajar secara mandiri dengan bimbingan pendidik yang minimal. Senada dengan pendapat tersebut, Lestari (Lestari, 2018) menyatakan bahwa modul merupakan bahan ajar yang

dirancang berdasarkan kompetensi tertentu agar peserta didik dapat mencapai tujuan pembelajaran secara mandiri.

b) Tujuan dan Karakteristik Modul Pembelajaran

Modul pembelajaran disusun untuk memfasilitasi peserta didik mencapai kompetensi pembelajaran secara mandiri melalui penyajian materi yang sistematis dan terarah. Penggunaan modul memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajarnya masing-masing, sehingga proses pembelajaran tidak sepenuhnya bergantung pada pendidik. Prastowo (2015) menjelaskan bahwa tujuan penyusunan modul adalah agar peserta didik mampu belajar secara mandiri dengan bantuan pendidik yang minimal. Pendapat tersebut diperkuat oleh Lestari (Lestari, 2018) yang menyatakan bahwa modul dikembangkan berdasarkan kompetensi tertentu sehingga dapat membantu peserta didik mencapai tujuan pembelajaran secara sistematis. Daryanto (2017) juga menegaskan bahwa modul bertujuan meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui penyajian materi yang terstruktur serta memberikan pengalaman belajar yang sesuai dengan karakteristik peserta didik.

Untuk mencapai tujuan tersebut, modul perlu memenuhi karakteristik tertentu agar dapat digunakan secara efektif dalam proses pembelajaran. Prastowo (2015) mengemukakan bahwa modul memiliki lima karakteristik utama, yaitu sebagai berikut.

- 1) *Self instructional*, yaitu modul memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri tanpa bergantung sepenuhnya pada pendidik.
- 2) *Self contained*, yaitu seluruh materi yang diperlukan untuk mencapai satu kompetensi disajikan secara utuh dalam satu modul.
- 3) *Stand alone*, yaitu modul dapat digunakan secara mandiri tanpa harus didampingi atau bergantung pada bahan ajar lainnya.

- 4) *Adaptive*, yaitu modul mampu menyesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, serta kebutuhan pembelajaran.
- 5) *User friendly*, yaitu modul disusun menggunakan bahasa yang komunikatif, sistematika yang jelas, dan mudah dipahami sehingga memudahkan peserta didik dalam menggunakannya.

Karakteristik tersebut masih menjadi acuan dalam pengembangan modul pembelajaran hingga saat ini. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa modul yang dirancang untuk mendukung pembelajaran mandiri, berpusat pada peserta didik, serta fleksibel terhadap kemampuan dan gaya belajar peserta didik mampu meningkatkan efektivitas proses pembelajaran. Selain itu, modul yang disusun secara sistematis memberikan kemudahan bagi peserta didik dalam mempelajari materi secara bertahap sesuai dengan kompetensi yang ingin dicapai.

c) **Komponen Modul Pembelajaran**

Modul pembelajaran disusun secara sistematis agar mampu memfasilitasi peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran secara mandiri. Penyusunan modul tidak hanya memperhatikan kelengkapan materi, tetapi juga sistematika penyajian setiap komponennya sehingga membentuk suatu kesatuan pembelajaran yang utuh. Komponen-komponen tersebut berfungsi sebagai pedoman bagi peserta didik dalam memahami materi, melaksanakan kegiatan pembelajaran, serta mengevaluasi hasil belajarnya.

Menurut Direktorat Pembinaan SMA Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2017), kerangka modul pembelajaran terdiri atas tiga bagian utama, yaitu pendahuluan, pembelajaran, dan evaluasi, yang didukung oleh beberapa komponen pelengkap seperti cover, daftar isi, glosarium, kunci jawaban dan pedoman penskoran, daftar pustaka, serta lampiran. Adapun komponen-komponen tersebut dijelaskan sebagai berikut.

1) Cover

Memuat identitas modul, meliputi judul modul, nama mata pelajaran, topik atau materi pembelajaran, kelas, serta identitas penulis.

2) Daftar isi

Berfungsi memberikan informasi mengenai sistematika isi modul sehingga memudahkan pengguna dalam menemukan bagian yang diperlukan.

3) Glosarium

Memuat istilah-istilah penting beserta pengertiannya untuk membantu peserta didik memahami konsep yang digunakan dalam modul.

4) Pendahuluan

Bagian pendahuluan memuat Capaian Pembelajaran (CP) dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP), deskripsi singkat materi beserta rasionalisasi dan relevansinya, motivasi belajar, prasyarat apabila diperlukan, serta petunjuk penggunaan modul.

5) Pembelajaran

Pembelajaran merupakan bagian inti modul yang terdiri atas satu atau lebih kegiatan pembelajaran. Setiap kegiatan pembelajaran memuat tujuan pembelajaran, uraian materi, rangkuman, tugas, latihan, dan penilaian diri.

6) Evaluasi

Digunakan untuk mengukur ketercapaian kompetensi peserta didik setelah menyelesaikan seluruh kegiatan pembelajaran.

7) Kunci jawaban dan pedoman penskoran

Bagian ini berfungsi sebagai acuan dalam memeriksa hasil latihan maupun evaluasi yang terdapat di dalam modul.

8) Daftar pustaka

Memuat seluruh sumber referensi yang digunakan dalam penyusunan modul.

9) Lampiran

Berisi informasi pendukung yang diperlukan dalam penggunaan modul, seperti tabel, gambar, atau dokumen lain yang berkaitan dengan isi modul.

Berdasarkan komponen tersebut, modul pembelajaran disusun secara sistematis mulai dari pemberian informasi awal, penyajian kegiatan pembelajaran, hingga evaluasi hasil belajar. Penyusunan komponen yang lengkap dan saling terintegrasi diharapkan mampu mendukung peserta didik dalam belajar secara mandiri serta mempermudah pendidik dalam mengelola proses pembelajaran.

d) Kelebihan dan Kekurangan Modul Pembelajaran

Modul pembelajaran memiliki berbagai kelebihan yang mendukung proses pembelajaran. Prastowo (2015) menyatakan bahwa modul memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajarnya. Penyajian materi yang sistematis membantu peserta didik memahami materi secara bertahap sekaligus meningkatkan motivasi belajar. Daryanto (2017) menambahkan bahwa modul mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui penyajian materi yang terstruktur. Penelitian yang dilakukan Sitepu dan Albina (2025) menunjukkan bahwa modul masih relevan digunakan karena mendukung pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, mendorong kemandirian belajar, serta memanfaatkan teknologi untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif.

Berdasarkan pendapat tersebut, kelebihan modul pembelajaran meliputi:

- 1) Memfasilitasi peserta didik belajar secara mandiri.
- 2) Memberikan kesempatan belajar sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajar peserta didik.
- 3) Meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran.

- 4) Menyajikan materi secara sistematis sehingga memudahkan pencapaian kompetensi pembelajaran.
- 5) Mendukung pembelajaran yang fleksibel, komunikatif, interaktif, dan berpusat pada peserta didik.

Penggunaan modul juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Prastowo (2015) menjelaskan bahwa penyusunan modul memerlukan waktu yang 16relative lama, membutuhkan biaya pengembangan yang cukup besar, serta menuntut kemampuan membaca dan kemandirian belajar peserta didik. Daryanto (2017) menyatakan bahwa efektivitas penggunaan modul dipengaruhi oleh kesiapan pendidik dan peserta didik dalam memanfaatkan modul selama proses pembelajaran. Keterbatasan modul pembelajaran meliputi:

- 1) Memerlukan waktu yang relatif lama dalam proses penyusunannya.
- 2) Membutuhkan biaya yang cukup besar dalam pengembangannya.
- 3) Menuntut kemampuan membaca dan belajar mandiri dari peserta didik.
- 4) Keberhasilan penggunaannya dipengaruhi oleh kesiapan pendidik dan peserta didik.

Berdasarkan uraian tersebut, modul pembelajaran memiliki berbagai kelebihan yang mendukung pembelajaran mandiri dan sistematis. Pengembangan modul tetap memerlukan perencanaan yang matang, waktu, biaya, serta kesiapan pengguna agar tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal.

e) Relevansi dengan Model

Modul pembelajaran memiliki karakteristik yang mendukung pembelajaran secara sistematis, mandiri, dan berpusat pada peserta didik. Penyajian materi, kegiatan pembelajaran, dan evaluasi yang terintegrasi menjadikan modul tidak hanya berfungsi sebagai sumber

belajar, tetapi juga sebagai panduan bagi peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran. Karakteristik tersebut memungkinkan modul dikembangkan sesuai dengan kebutuhan materi, pendekatan pembelajaran, maupun perkembangan teknologi.

Penelitian ini mengembangkan modul eksperimen kalor laten dengan pendekatan STEM berbantuan data logger. Kegiatan pembelajaran dalam modul dirancang dalam bentuk eksperimen yang mengintegrasikan unsur Science, Technology, Engineering, dan Mathematics. Pemanfaatan data logger mendukung proses pengambilan dan analisis data eksperimen secara lebih akurat, sedangkan penyajian materi dan aktivitas belajar yang sistematis diharapkan dapat membantu peserta didik memahami konsep kalor laten melalui pengalaman belajar berbasis eksperimen.

2. Pendekatan STEM

a) Pengertian Pendekatan STEM

Pendekatan Science, Technology, Engineering, dan Mathematics (STEM) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu, yaitu sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam satu pengalaman belajar. Integrasi tersebut bertujuan membantu peserta didik memahami konsep secara utuh serta menerapkannya dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.

Bybee (2018) menyatakan bahwa pendekatan STEM berorientasi pada pembelajaran yang kontekstual untuk mengembangkan kompetensi abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan pemecahan masalah. Capraro, Capraro, dan Morgan (2015) menjelaskan bahwa pendekatan STEM mengintegrasikan sains,

teknologi, rekayasa, dan matematika melalui pengalaman belajar yang melibatkan penyelidikan dan penyelesaian masalah autentik. Penelitian terbaru oleh Portillo-Blanco et al. (2025) memperkuat bahwa pendekatan STEM menekankan keterpaduan empat disiplin ilmu dalam pembelajaran untuk membantu peserta didik menghubungkan konsep dengan penyelesaian masalah pada konteks nyata.

Ketiga pendapat tersebut memiliki kesamaan dalam menempatkan integrasi sains, teknologi, rekayasa, dan matematika sebagai inti pendekatan STEM. Perbedaannya terletak pada fokus yang diberikan, yaitu Bybee (2018) lebih menekankan pengembangan kompetensi abad ke-21, Capraro et al. (2015) pada pembelajaran melalui penyelesaian masalah autentik, sedangkan Portillo-Blanco et al. (2025) menegaskan pentingnya kejelasan konseptual dan integrasi antardisiplin ilmu dalam implementasi STEM.

Berdasarkan kajian tersebut, peneliti mensintesis bahwa pendekatan STEM merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan aspek Science, Technology, Engineering, dan Mathematics dalam satu proses pembelajaran untuk membangun pemahaman konsep sekaligus mengembangkan kemampuan pemecahan masalah. Dalam penelitian ini, pendekatan STEM diterapkan pada pengembangan modul eksperimen kalor laten berbantuan data logger melalui integrasi konsep kalor laten, penggunaan data logger, pelaksanaan eksperimen, dan analisis data hasil pengukuran.

b) Tujuan dan Karakteristik Pendekatan STEM

Pendekatan STEM bertujuan mengintegrasikan *Science*, *Technology*, *Engineering*, dan *Mathematics* dalam proses pembelajaran sehingga peserta didik mampu menghubungkan berbagai konsep dari disiplin ilmu yang berbeda untuk menyelesaikan permasalahan nyata. Pendekatan ini tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi

juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan pemecahan masalah.

Bybee (2018) menjelaskan bahwa pendekatan STEM bertujuan membangun kompetensi abad ke-21 melalui pembelajaran yang kontekstual dan berbasis penerapan konsep. Capraro, Capraro, dan Morgan (2015) menambahkan bahwa STEM memberikan pengalaman belajar melalui penyelidikan dan penyelesaian masalah autentik sehingga peserta didik mampu menghubungkan pengetahuan dengan penerapannya.

Roehrig et al. (Roehrig et al., 2021) menjelaskan bahwa pembelajaran STEM terintegrasi memiliki beberapa karakteristik utama, yaitu:

- 1) *Engineering design* sebagai inti pembelajaran, yaitu peserta didik terlibat dalam proses merancang, menguji, dan memperbaiki solusi terhadap suatu masalah.
- 2) Masalah autentik (*authentic problems*), yaitu pembelajaran didasarkan pada permasalahan nyata yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.
- 3) Integrasi konteks pembelajaran, yaitu konsep STEM dikaitkan dengan situasi nyata agar pembelajaran lebih bermakna.
- 4) Integrasi konten, yaitu keterkaitan konsep dari bidang sains, teknologi, rekayasa, dan matematika.
- 5) Praktik STEM, yaitu keterlibatan peserta didik dalam proses penyelidikan, perancangan, dan analisis.
- 6) Pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi.

Berdasarkan kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa tujuan dan karakteristik pendekatan STEM saling berkaitan dalam membangun pembelajaran yang terintegrasi, kontekstual, dan berorientasi pada penyelesaian masalah. Dalam penelitian ini, karakteristik STEM

diterapkan melalui pengembangan modul eksperimen kalor laten berbantuan data logger, yaitu dengan mengintegrasikan konsep kalor laten, penggunaan teknologi pengukuran, kegiatan eksperimen, serta analisis data hasil pengukuran.

c) Implementasi Pendekatan STEM

Pendekatan STEM tidak memiliki sintaks pembelajaran yang bersifat tetap seperti model pembelajaran tertentu, karena STEM merupakan suatu pendekatan yang menekankan integrasi konsep Science, Technology, Engineering, dan Mathematics dalam proses pembelajaran. Implementasi pendekatan STEM dilakukan melalui keterkaitan antardisiplin ilmu untuk membantu peserta didik memahami konsep dan menerapkannya dalam menyelesaikan permasalahan kontekstual.

Kelley dan Knowles (2016) menjelaskan bahwa integrated STEM education merupakan pendekatan yang menghubungkan berbagai disiplin ilmu STEM melalui konteks permasalahan nyata. Integrasi tersebut memungkinkan peserta didik mengembangkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir, dan kemampuan menerapkan pengetahuan secara terpadu. Vasquez, Sneider, dan Comer (Vasquez et al., 2014) menambahkan bahwa penerapan STEM dilakukan dengan mengintegrasikan empat bidang utama, yaitu sains, teknologi, rekayasa, dan matematika sesuai dengan tujuan pembelajaran serta konteks yang digunakan.

Berdasarkan kajian tersebut, implementasi pendekatan STEM dapat dijelaskan melalui beberapa tahapan integrasi sebagai berikut:

1) Identifikasi konsep dan fenomena (*Science*)

Peserta didik memahami konsep ilmiah yang berkaitan dengan fenomena atau permasalahan yang dipelajari.

2) Pemanfaatan teknologi (*Technology*)

Peserta didik menggunakan teknologi atau alat bantu untuk mendukung proses pengamatan, pengukuran, dan pengumpulan data.

3) Penerapan proses rekayasa (*Engineering*)

Peserta didik melakukan kegiatan perencanaan, penyusunan prosedur, atau pengembangan cara kerja berdasarkan konsep yang telah dipahami.

4) Analisis matematis (*Mathematics*)

Peserta didik melakukan pengolahan data, perhitungan, serta interpretasi hasil untuk memperoleh kesimpulan.

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti mensintesis bahwa implementasi pendekatan STEM dilakukan melalui integrasi aspek Science, Technology, Engineering, dan Mathematics dalam suatu kegiatan pembelajaran yang kontekstual. Dalam penelitian ini, pendekatan STEM diterapkan pada pengembangan modul eksperimen kalor laten berbantuan data logger. Integrasi STEM diwujudkan melalui pemahaman konsep kalor laten (Science), penggunaan data logger sebagai teknologi pengukuran (Technology), pelaksanaan eksperimen sebagai penerapan proses rekayasa (Engineering), serta pengolahan dan analisis data hasil eksperimen (Mathematics).

d) Kelebihan dan Kekurangan Pendekatan STEM

Pendekatan STEM memiliki keunggulan dalam pembelajaran karena mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk memahami dan menyelesaikan permasalahan kontekstual. Integrasi tersebut memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan pemahaman konsep sekaligus menerapkan pengetahuan melalui kegiatan yang melibatkan penyelidikan, pemecahan masalah, dan penerapan teknologi.

English (2016) menjelaskan bahwa pendekatan STEM dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dalam berpikir kritis,

keaktivitas, dan pemecahan masalah melalui kegiatan pembelajaran yang menghubungkan konsep dengan situasi nyata. Thibaut et al. (2018) menambahkan bahwa pembelajaran STEM mendorong keterlibatan aktif peserta didik melalui proses penyelidikan, kolaborasi, dan penerapan konsep dari berbagai bidang ilmu.

Berdasarkan kajian tersebut, kelebihan pendekatan STEM dapat dirangkum sebagai berikut:

- 1) Mengembangkan kemampuan pemecahan masalah
- 2) Pendekatan STEM melibatkan peserta didik dalam menyelesaikan permasalahan nyata sehingga mampu melatih kemampuan berpikir kritis dan analitis.
- 3) Mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu
- 4) Pendekatan STEM membantu peserta didik memahami hubungan antara sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam suatu konteks pembelajaran.
- 5) Meningkatkan keterampilan abad ke-21
- 6) Kegiatan STEM mendukung pengembangan kreativitas, komunikasi, kolaborasi, dan kemampuan berpikir tingkat tinggi.
- 7) Meningkatkan keterkaitan pembelajaran dengan kehidupan nyata
- 8) Permasalahan kontekstual menjadikan peserta didik lebih mudah memahami penerapan konsep dalam kehidupan sehari-hari.

Selain memiliki kelebihan, penerapan pendekatan STEM juga memiliki beberapa tantangan. Thibaut et al. (2018) menjelaskan bahwa implementasi STEM membutuhkan perencanaan yang baik karena integrasi beberapa disiplin ilmu memerlukan pemilihan aktivitas dan strategi pembelajaran yang sesuai. Margot dan Kettler (2019) menambahkan bahwa keterbatasan waktu, fasilitas, serta kesiapan pendidik menjadi faktor yang dapat menghambat penerapan STEM di sekolah.

Keterbatasan pendekatan STEM dapat dirangkum sebagai berikut:

- 1) Membutuhkan perencanaan pembelajaran yang lebih kompleks
- 2) Integrasi beberapa disiplin ilmu membutuhkan rancangan kegiatan yang sistematis agar setiap aspek STEM dapat diterapkan secara seimbang.
- 3) Membutuhkan waktu pembelajaran yang lebih banyak
- 4) Kegiatan penyelidikan, eksperimen, dan analisis data memerlukan waktu lebih panjang dibandingkan pembelajaran konvensional.
- 5) Memerlukan kesiapan pendidik dan fasilitas pendukung
- 6) Penerapan STEM membutuhkan kemampuan pendidik dalam mengintegrasikan berbagai konsep serta ketersediaan teknologi atau alat pendukung pembelajaran.

Berdasarkan kajian tersebut, peneliti mensintesis bahwa pendekatan STEM memiliki keunggulan dalam meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan pemecahan masalah, tetapi penerapannya membutuhkan kesiapan dalam aspek perencanaan, waktu, pendidik, dan fasilitas. Dalam penelitian ini, pengembangan modul eksperimen kalor laten berbantuan data logger digunakan untuk mendukung implementasi STEM melalui penyediaan langkah eksperimen yang terarah serta integrasi konsep, teknologi, dan analisis data.

e) Relevansi dengan Model

Pendekatan STEM memiliki relevansi dalam pengembangan modul eksperimen karena menekankan keterkaitan antara konsep, teknologi, proses rekayasa, dan analisis matematis dalam suatu kegiatan pembelajaran. Integrasi tersebut sesuai dengan karakteristik pembelajaran fisika yang tidak hanya menekankan pemahaman konsep, tetapi juga keterampilan melakukan pengamatan, pengukuran, pengolahan data, dan penerapan konsep dalam permasalahan nyata.

Kelley dan Knowles (2016) menjelaskan bahwa pendekatan STEM mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu melalui konteks nyata sehingga peserta didik dapat menghubungkan pengetahuan konseptual dengan penerapannya. Thibaut et al. (2018) menambahkan bahwa pembelajaran STEM mendorong keterlibatan peserta didik dalam kegiatan penyelidikan, penggunaan teknologi, kolaborasi, dan penerapan konsep secara terpadu.

Relevansi pendekatan STEM dalam penelitian ini ditunjukkan melalui integrasi setiap aspek STEM pada pengembangan modul eksperimen kalor laten berbantuan data logger, yaitu:

1) *Science (Sains)*

Aspek sains diterapkan melalui pemahaman konsep kalor laten, perubahan wujud zat, serta fenomena perpindahan energi panas yang menjadi dasar kegiatan eksperimen.

2) *Technology (Teknologi)*

Aspek teknologi diterapkan melalui penggunaan data logger sebagai alat bantu pengukuran suhu secara digital sehingga peserta didik memperoleh data eksperimen yang lebih akurat.

3) *Engineering (Rekayasa)*

Aspek rekayasa diterapkan melalui kegiatan perancangan dan pelaksanaan prosedur eksperimen, termasuk menentukan langkah kerja dan penggunaan alat yang sesuai untuk memperoleh data.

4) *Mathematics (Matematika)*

Aspek matematika diterapkan melalui proses pengolahan data hasil eksperimen, perhitungan kalor laten, serta interpretasi hubungan antara variabel yang diperoleh.

Berdasarkan kajian tersebut, peneliti mensintesis bahwa pendekatan STEM relevan digunakan dalam pengembangan modul eksperimen kalor laten berbantuan data logger karena mampu mengintegrasikan pemahaman konsep fisika dengan penggunaan

teknologi pengukuran dan analisis data. Pendekatan ini mendukung terciptanya modul eksperimen yang tidak hanya berorientasi pada hasil pengukuran, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan keterampilan proses sains peserta didik.

3. Data Logger

a) Pengertian Data Logger

Data logger merupakan perangkat elektronik yang digunakan untuk melakukan pengukuran, perekaman, dan penyimpanan data secara otomatis dari suatu sensor dalam rentang waktu tertentu. Data logger bekerja dengan menerima sinyal dari sensor, mengolah sinyal tersebut menjadi data digital, kemudian menyimpan data hasil pengukuran sehingga dapat dianalisis. Penggunaan data logger memungkinkan proses pengamatan suatu variabel fisis dilakukan secara kontinu dan mengurangi keterbatasan pengukuran secara manual.

Suwardi et al. (2022) menjelaskan bahwa data logger berfungsi sebagai perangkat pencatat data otomatis yang mampu merekam hasil pengukuran sensor secara berkala. Penggunaan perangkat ini dapat meningkatkan efektivitas pengambilan data serta mengurangi kesalahan pencatatan (*human error*) selama proses eksperimen.

Sejalan dengan hal tersebut, Takimoto (2022) menyatakan bahwa penggunaan digital temperature logger dalam eksperimen fisika memungkinkan pengamatan perubahan temperatur secara langsung (*real-time*) dan membantu proses analisis hubungan antara perubahan suhu dengan fenomena fisis yang terjadi. Selain itu, Maghfiroh et al. (2022) menjelaskan bahwa sistem data logger terdiri atas sensor, sistem akuisisi data, dan media penyimpanan yang bekerja secara terintegrasi untuk memperoleh serta merekam data pengukuran secara otomatis.

Berdasarkan beberapa konsep tersebut, dapat disimpulkan bahwa data logger merupakan perangkat akuisisi data elektronik yang berfungsi untuk membaca, merekam, menyimpan, dan mengolah data

hasil pengukuran sensor secara otomatis dalam interval waktu tertentu. Dalam penelitian ini, data logger digunakan sebagai teknologi pendukung eksperimen kalor laten untuk memperoleh data perubahan temperatur terhadap waktu secara kontinu, sehingga peserta didik dapat melakukan analisis fenomena perubahan fase melalui pendekatan STEM.

b) Karakteristik Data Logger

Data logger memiliki karakteristik utama berupa kemampuan melakukan pengukuran dan perekaman data secara otomatis dalam interval waktu tertentu. Karakteristik tersebut mencakup kemampuan akuisisi data, kecepatan pengambilan sampel (*sampling rate*), kapasitas penyimpanan, tingkat ketelitian pengukuran, serta kemampuan integrasi dengan berbagai jenis sensor. Karakteristik tersebut menentukan kualitas data yang diperoleh dan kesesuaian penggunaan data logger dalam suatu kegiatan eksperimen.



Gambar 2. Data Logger Max A1

Sumber : (<https://sciencecube>)

Efendi et al. (2024) menjelaskan bahwa data logger untuk eksperimen temperatur memiliki kemampuan dalam mengambil, mengolah, dan menyimpan data suhu secara otomatis. Sistem tersebut memungkinkan perubahan temperatur selama proses perpindahan kalor dapat diamati secara kontinu sehingga menghasilkan data yang dapat digunakan untuk analisis fenomena termal.

Amorim et al. (2024) menyatakan bahwa data logger modern memiliki karakteristik berupa kemampuan pemantauan secara real-time, integrasi dengan berbagai sensor, serta penyimpanan data hasil pengukuran secara digital. Kemampuan tersebut menjadikan data logger mampu digunakan pada sistem eksperimen yang membutuhkan pengamatan perubahan variabel fisis secara berkelanjutan.

Bouchekioua et al. (2023) menjelaskan bahwa kemampuan sampling rate menjadi salah satu karakteristik penting dalam sistem data logger. Tingkat pengambilan data yang sesuai memungkinkan perubahan suatu besaran dapat direkam secara lebih detail. Data hasil pengukuran yang tersimpan secara digital juga memberikan kemudahan dalam proses pengolahan dan analisis setelah eksperimen dilakukan.

Berdasarkan kajian beberapa sumber tersebut, dapat disintesis bahwa karakteristik data logger meliputi kemampuan akuisisi data otomatis, perekaman data secara kontinu, ketelitian pengukuran yang dipengaruhi oleh sensor, kemampuan penyimpanan data, serta kemudahan dalam analisis hasil pengukuran. Karakteristik tersebut mendukung penggunaan data logger ScienceCube MAX-A1 dengan sensor temperatur Pt100 stainless steel pada eksperimen kalor laten karena mampu merekam perubahan temperatur terhadap waktu secara sistematis sehingga fenomena perubahan fase dapat dianalisis berdasarkan data eksperimen.

c) Komponen Data Logger

Secara umum, komponen utama data logger terdiri atas sensor, unit akuisisi data, unit pengolah data, media penyimpanan, dan perangkat lunak pengolahan data.

1) Sensor

Sensor merupakan komponen yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan besaran fisis dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diproses oleh sistem data logger. Jenis sensor yang digunakan disesuaikan dengan parameter yang akan diukur, seperti temperatur, tekanan, kelembapan, maupun intensitas cahaya.

Pada pengukuran temperatur, sensor temperatur berbasis resistansi digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu melalui perubahan karakteristik listrik material sensor. Sensor Pt Temperature Probe berbahan stainless steel merupakan salah satu sensor temperatur yang digunakan dalam sistem ScienceCube untuk mengukur perubahan suhu pada kegiatan eksperimen. Penggunaan material stainless steel memberikan ketahanan terhadap kondisi lingkungan eksperimen sehingga sesuai digunakan pada kegiatan praktikum fisika.

2) Unit Akuisisi Data (Data Acquisition Unit)

Unit akuisisi data merupakan komponen yang berfungsi menerima sinyal keluaran dari sensor, melakukan proses konversi sinyal menjadi data digital, serta mengirimkan data untuk diproses lebih lanjut. Komponen ini menjadi penghubung antara sensor dan sistem pengolahan data.

ScienceCube MAX-A1 merupakan perangkat berbasis Microcomputer Based Laboratory (MBL) yang berfungsi sebagai antarmuka sensor sekaligus sistem data logger. Perangkat ini mendukung penggunaan berbagai sensor melalui kanal input yang tersedia dan memungkinkan proses pengukuran dilakukan secara real-time. MAX-A1 dilengkapi dengan Science#™ logging program yang digunakan untuk melakukan

pengumpulan data, analisis hasil pengukuran, dan penyajian data eksperimen.

3) Unit Pengolah Data (Data Processing Unit)

Unit pengolah data berfungsi mengolah sinyal yang diterima dari sensor menjadi informasi pengukuran yang dapat digunakan oleh pengguna. Proses pengolahan data meliputi konversi sinyal, pengaturan pengambilan data, serta pengolahan hasil pengukuran sebelum ditampilkan atau disimpan.

Keberadaan unit pengolah data memungkinkan sistem data logger melakukan pengukuran secara otomatis tanpa memerlukan pembacaan manual secara terus-menerus. Kemampuan tersebut mendukung pengamatan fenomena fisis yang mengalami perubahan terhadap waktu, seperti perubahan temperatur pada proses pemanasan dan perubahan fase.

4) Media Penyimpanan Data (Data Storage)

Media penyimpanan merupakan komponen yang berfungsi menyimpan hasil pengukuran agar dapat digunakan kembali dalam proses analisis. Penyimpanan data secara digital memungkinkan hasil eksperimen ditampilkan kembali dalam bentuk tabel maupun grafik sehingga pengguna dapat melakukan evaluasi terhadap pola perubahan suatu variabel fisis.

Pada eksperimen kalor laten, penyimpanan data temperatur menjadi bagian penting karena data perubahan suhu terhadap waktu dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik proses perubahan fase.

5) Perangkat Lunak Pengolahan Data (Software)

Perangkat lunak merupakan komponen pendukung yang berfungsi mengatur proses pengukuran, menampilkan hasil akuisisi data, serta melakukan analisis terhadap data yang diperoleh. Perangkat lunak memungkinkan pengguna menginterpretasikan hasil eksperimen melalui penyajian data dalam bentuk grafik maupun tabel.

ScienceCube MAX-A1 menggunakan perangkat lunak Science#™ logging program yang mendukung proses pengaturan eksperimen, perekaman data sensor, analisis hasil pengukuran, serta penyusunan laporan eksperimen.

Berdasarkan kajian beberapa komponen tersebut, dapat disintesis bahwa sistem data logger terdiri atas sensor sebagai pendeteksi besaran fisis, unit akuisisi data sebagai penerima dan pengubah sinyal, unit pengolah data sebagai pemroses informasi, media penyimpanan sebagai tempat penyimpanan hasil pengukuran, serta perangkat lunak sebagai sarana pengendalian dan analisis data.

Dalam penelitian ini, sistem data logger diterapkan melalui penggunaan ScienceCube MAX-A1 sebagai perangkat akuisisi data dan sensor Pt Temperature Probe berbahan stainless steel sebagai alat pengukur temperatur. Integrasi komponen tersebut memungkinkan perubahan temperatur selama eksperimen kalor laten direkam secara kontinu sehingga menghasilkan data suhu terhadap waktu yang dapat dianalisis melalui pendekatan STEM.

d) Kelebihan dan Kekurangan Data Logger

Penggunaan data logger dalam kegiatan eksperimen memberikan berbagai keuntungan dibandingkan metode pengukuran secara manual. Kemampuan melakukan pengukuran dan penyimpanan data secara otomatis menjadikan data logger banyak digunakan dalam sistem monitoring maupun eksperimen berbasis sensor. Meskipun demikian, penggunaan data logger juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, terutama berkaitan dengan biaya, kebutuhan kalibrasi, dan ketergantungan terhadap sistem elektronik.

1) Keunggulan Data Logger

Keunggulan utama data logger terletak pada kemampuannya melakukan proses akuisisi data secara otomatis dan kontinu. Data

logger mampu merekam perubahan suatu variabel fisis dalam interval waktu tertentu sehingga menghasilkan data yang lebih lengkap dibandingkan pencatatan manual. Kemampuan tersebut mendukung pengamatan fenomena yang mengalami perubahan secara dinamis, seperti perubahan temperatur pada proses perpindahan kalor.

Amorim et al. (2024) menjelaskan bahwa sistem data logger modern memiliki kemampuan integrasi dengan berbagai jenis sensor, pemantauan secara real-time, serta penyimpanan data digital. Kemampuan tersebut memungkinkan pengguna memperoleh data eksperimen secara langsung dan melakukan analisis berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh.

Keunggulan lain dari penggunaan data logger adalah kemudahan dalam pengolahan dan analisis data. Data hasil pengukuran dapat ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik sehingga pengguna dapat mengidentifikasi pola perubahan variabel fisis secara lebih mudah. Sistem ini mendukung kegiatan eksperimen berbasis penyelidikan karena peserta didik dapat menghubungkan data hasil pengukuran dengan konsep ilmiah yang dipelajari.

Pada penelitian pengembangan data logger berbasis sensor, Perret et al (2025) menunjukkan bahwa sistem data logger mampu melakukan akuisisi berbagai parameter melalui sensor, menyimpan data secara otomatis, serta mendukung pemantauan jangka panjang. Kemampuan tersebut menunjukkan bahwa data logger memiliki fleksibilitas dalam berbagai aplikasi penelitian dan pengukuran.

Berdasarkan kajian tersebut, keunggulan data logger dapat dirangkum sebagai berikut:

- a) Pengukuran otomatis, sehingga mengurangi kesalahan pencatatan manual.

- b) Perekaman data secara kontinu, sehingga perubahan variabel terhadap waktu dapat diamati secara lebih detail.
- c) Pemantauan secara real-time, sehingga hasil pengukuran dapat diamati selama eksperimen berlangsung.
- d) Kemudahan analisis data, karena hasil pengukuran dapat disajikan dalam bentuk grafik atau tabel.
- e) Kemampuan integrasi dengan berbagai sensor, sehingga dapat digunakan untuk berbagai jenis eksperimen.

2) Keterbatasan Data Logger

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, penggunaan data logger juga memiliki beberapa keterbatasan. Salah satu keterbatasan utama adalah kebutuhan terhadap perangkat elektronik pendukung seperti sensor, sistem akuisisi data, dan perangkat lunak pengolahan data. Ketergantungan terhadap komponen tersebut menyebabkan penggunaan data logger memerlukan pemahaman teknis serta pemeliharaan perangkat.

Payet et al. (2025) menjelaskan bahwa beberapa sistem data logger memiliki keterbatasan berupa biaya perangkat yang relatif tinggi, keterbatasan kompatibilitas dengan sensor tertentu, serta kebutuhan perangkat lunak khusus untuk pengoperasiannya. Keterbatasan tersebut dapat menjadi kendala dalam penerapan data logger pada lingkungan dengan sumber daya terbatas.

Keterbatasan lain berkaitan dengan akurasi pengukuran yang dipengaruhi oleh karakteristik sensor. Sensor yang digunakan perlu melalui proses kalibrasi agar data yang diperoleh memiliki tingkat ketelitian yang sesuai. Selain itu, kapasitas penyimpanan dan kemampuan sistem dalam melakukan pengolahan data juga dapat membatasi penggunaan data logger pada eksperimen tertentu.

Berdasarkan kajian tersebut, keterbatasan data logger dapat dirangkum sebagai berikut:

- a) Memerlukan biaya pengadaan dan perawatan perangkat.
- b) Bergantung pada kualitas sensor dan proses kalibrasi.
- c) Memerlukan keterampilan penggunaan teknologi dan perangkat lunak.
- d) Memiliki keterbatasan kapasitas penyimpanan dan kompatibilitas sensor tertentu.
- e) Bergantung pada sumber daya listrik atau baterai dalam proses pengoperasian.

Berdasarkan kajian keunggulan dan keterbatasan tersebut, dapat disintesis bahwa data logger merupakan teknologi pengukuran yang memiliki keunggulan dalam akuisisi data otomatis, perekaman kontinu, dan kemudahan analisis data, tetapi tetap memiliki keterbatasan berupa kebutuhan perangkat pendukung, biaya, serta ketergantungan terhadap sensor dan sistem elektronik.

e) Relevansi dengan Model

Penggunaan data logger dalam pembelajaran fisika mendukung kegiatan eksperimen berbasis data karena mampu melakukan pengukuran dan perekaman data secara otomatis. Kemampuan tersebut memungkinkan peserta didik mengamati perubahan besaran fisis secara kontinu serta melakukan analisis berdasarkan data hasil pengukuran. Hal ini sesuai dengan karakteristik pendekatan STEM yang mengintegrasikan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam proses penyelesaian masalah.

Pada eksperimen kalor laten, perubahan temperatur selama proses perubahan fase perlu diamati secara detail untuk mengetahui hubungan antara suhu dan waktu. Penggunaan data logger memungkinkan proses tersebut direkam secara kontinu sehingga fenomena perubahan fase dapat dianalisis melalui grafik hasil pengukuran.

Dalam penelitian ini, ScienceCube MAX-A1 digunakan sebagai perangkat akuisisi data yang terintegrasi dengan sensor temperatur Pt

Stainless Steel Temperature Probe untuk merekam perubahan suhu selama eksperimen kalor laten. Data hasil pengukuran kemudian digunakan sebagai dasar analisis konsep fisika melalui pengolahan grafik dan interpretasi fenomena perubahan fase.

Berdasarkan kajian tersebut, dapat disintesis bahwa data logger berperan sebagai teknologi pendukung dalam pengembangan modul eksperimen kalor laten berbasis STEM. Penggunaan ScienceCube MAX-A1 dan sensor temperatur memungkinkan kegiatan eksperimen dilakukan secara lebih akurat, sistematis, dan berbasis data sehingga peserta didik dapat menghubungkan konsep kalor laten dengan teknologi pengukuran digital serta analisis matematis.

4. Materi Kalor Laten

a) Pengertian Kalor Laten

Kalor merupakan energi yang berpindah akibat adanya perbedaan suhu dan dapat menyebabkan perubahan suhu maupun perubahan wujud zat. Menurut Radjawane, Tinambunan, dan Jono (2022), kalor yang diterima suatu zat tidak selalu menyebabkan kenaikan suhu. Pada kondisi tertentu, kalor digunakan untuk mengubah wujud zat, seperti perubahan dari fase padat menjadi cair atau dari fase cair menjadi gas. Selama proses perubahan wujud tersebut berlangsung, suhu zat tetap karena energi kalor dimanfaatkan untuk mengubah susunan partikel penyusun zat, bukan untuk meningkatkan energi kinetiknya. Dengan demikian, perubahan wujud merupakan salah satu pengaruh kalor selain perubahan suhu. Salah satu bentuk perpindahan kalor yang berkaitan dengan perubahan wujud adalah kalor laten. Menurut Halliday, Resnick, dan Walker (2021), kalor laten merupakan kalor yang diserap atau dilepaskan suatu zat selama proses perubahan fase tanpa disertai perubahan suhu. Energi kalor pada proses tersebut digunakan untuk mengubah susunan dan interaksi antarpartikel penyusun zat.

Knight (Knight, 2017) menjelaskan bahwa jumlah kalor yang diperlukan dalam perubahan fase bergantung pada massa zat dan

karakteristik material yang dinyatakan melalui kalor laten jenis. Hubungan antara kalor, massa, dan kalor laten dirumuskan sebagai:

$$Q = mL \quad (1)$$

dengan

Q adalah kalor yang diserap atau dilepaskan (J),

m adalah massa zat (kg), dan

L adalah kalor laten jenis zat (J/kg).

Cengel dan Boles (2019) menambahkan bahwa nilai kalor laten berbeda pada setiap zat karena dipengaruhi oleh karakteristik energi internal dan ikatan antarpartikel penyusunnya.

Berdasarkan beberapa pendapat tersebut, kalor laten memiliki karakteristik utama, yaitu terjadi ketika zat mengalami perubahan fase, suhu zat relatif tetap selama proses perubahan fase berlangsung, serta besarnya kalor dipengaruhi oleh massa zat dan kalor laten jenis material. Konsep tersebut menjadi dasar dalam eksperimen kalor laten melalui pengamatan hubungan antara kalor yang diberikan, massa zat, dan perubahan suhu terhadap waktu.

Sintesis konsep kalor laten dalam penelitian ini adalah energi kalor yang diserap atau dilepaskan oleh suatu zat selama perubahan fase pada suhu relatif tetap, dengan besar kalor dipengaruhi oleh massa zat dan kalor laten jenisnya.

b) Eksperimen Kalor Laten

Eksperimen merupakan salah satu kegiatan pembelajaran yang memungkinkan peserta didik memperoleh konsep melalui proses penyelidikan secara langsung. Pada materi kalor laten, kegiatan eksperimen memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengamati fenomena perubahan fase serta menganalisis hubungan antara kalor yang diberikan, perubahan wujud zat, dan perubahan suhu.

Melalui pengalaman tersebut, konsep kalor laten tidak hanya dipahami secara teoritis, tetapi juga dibuktikan berdasarkan hasil pengamatan.

Menurut Serway dan Jewett (2018), pengamatan perubahan fase dilakukan dengan memberikan kalor secara terus-menerus kepada suatu zat sambil mengukur perubahan suhunya terhadap waktu. Hasil pengukuran umumnya menunjukkan adanya bagian grafik yang relatif mendatar (plateau), yang menandakan bahwa kalor yang diberikan digunakan untuk mengubah wujud zat tanpa menaikkan suhu.

Halliday, Resnick, dan Walker (2021) menjelaskan bahwa grafik suhu terhadap waktu merupakan representasi yang memudahkan identifikasi proses perubahan fase, seperti peleburan dan penguapan. Grafik tersebut menunjukkan bahwa suhu cenderung tetap selama perubahan fase berlangsung meskipun energi kalor terus diberikan. Oleh karena itu, pengamatan terhadap grafik menjadi salah satu cara untuk membantu peserta didik memahami konsep kalor laten.

Keakuratan hasil eksperimen dipengaruhi oleh ketelitian pengukuran suhu dan waktu selama proses berlangsung. Penggunaan alat ukur digital, seperti data logger, memungkinkan suhu direkam secara otomatis dan berkelanjutan sehingga menghasilkan data yang lebih akurat dibandingkan pencatatan manual. Data yang diperoleh dapat disajikan dalam bentuk grafik sehingga memudahkan analisis hubungan antara suhu, waktu, dan proses perubahan fase.

Berdasarkan uraian tersebut, eksperimen kalor laten dalam penelitian ini dipahami sebagai kegiatan penyelidikan untuk mengamati perubahan fase suatu zat melalui pengukuran suhu terhadap waktu secara sistematis. Kegiatan tersebut menjadi dasar dalam pengembangan modul eksperimen berbantuan data logger agar peserta didik dapat memperoleh data yang akurat dan menganalisis fenomena kalor laten secara lebih objektif.

c) Jenis-Jenis Kalor Laten

Kalor laten dibedakan berdasarkan jenis perubahan fase yang dialami suatu zat, yaitu kalor laten peleburan dan kalor laten penguapan. Halliday, Resnick, dan Walker (2021) menjelaskan bahwa kalor laten peleburan merupakan energi yang diperlukan untuk mengubah zat dari fase padat menjadi cair atau sebaliknya tanpa mengubah suhu. Adapun kalor laten penguapan merupakan energi yang diperlukan untuk mengubah zat dari fase cair menjadi gas atau sebaliknya pada suhu tetap.

Knight (2017) menyatakan bahwa setiap jenis perubahan fase memiliki nilai kalor laten yang berbeda karena dipengaruhi oleh besarnya energi yang diperlukan untuk mengubah susunan partikel. Proses penguapan umumnya memerlukan energi lebih besar dibandingkan peleburan karena partikel harus sepenuhnya melepaskan gaya tarik antarmolekul agar berubah menjadi fase gas.

Cengel dan Boles (2019) menambahkan bahwa nilai kalor laten merupakan sifat fisik suatu zat (material property) yang berbeda untuk setiap material. Oleh karena itu, jumlah kalor yang dibutuhkan dalam proses peleburan maupun penguapan dipengaruhi oleh jenis zat selain massa zat yang mengalami perubahan fase.

Berdasarkan beberapa pendapat tersebut, kalor laten dalam penelitian ini difokuskan pada dua jenis, yaitu kalor laten peleburan dan kalor laten penguapan. Kedua konsep tersebut menjadi dasar dalam penyusunan kegiatan eksperimen karena peserta didik mengamati perubahan fase padat-cair dan cair-gas melalui pengukuran suhu terhadap waktu.

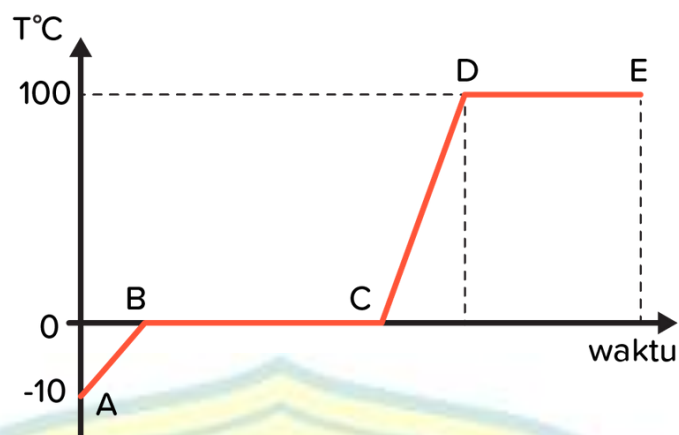
d) Kurva Pemanasan

Kurva pemanasan merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara suhu dan waktu atau energi kalor selama suatu zat menerima kalor. Halliday, Resnick, dan Walker (2021) menjelaskan bahwa kurva pemanasan menggambarkan perubahan suhu ketika zat berada dalam satu fase serta menunjukkan bagian yang relatif mendatar

ketika terjadi perubahan fase. Pada bagian tersebut, kalor yang diberikan digunakan untuk mengubah wujud zat sehingga suhu tetap meskipun energi kalor terus diserap.

Serway dan Jewett (2018) menyatakan bahwa setiap segmen pada kurva pemanasan merepresentasikan kondisi fisik yang berbeda. Segmen yang miring menunjukkan kenaikan suhu dalam satu fase, sedangkan segmen mendatar menunjukkan proses peleburan atau penguapan yang berlangsung pada suhu relatif konstan. Grafik tersebut membantu menjelaskan bahwa energi kalor selama perubahan fase digunakan untuk mengatasi gaya tarik antarmolekul, bukan untuk meningkatkan energi kinetik partikel.

Berdasarkan Gambar 3, kurva pemanasan terdiri atas beberapa tahapan yang menunjukkan perubahan suhu dan perubahan fase suatu zat selama menerima kalor. Tahap A–B menunjukkan proses pemanasan zat padat, yaitu suhu zat meningkat hingga mencapai titik lebur akibat penyerapan kalor yang meningkatkan energi kinetik partikel. Tahap B–C menunjukkan proses peleburan, yaitu perubahan wujud zat dari fase padat menjadi fase cair pada suhu tetap. Pada tahap ini, kalor yang diberikan digunakan sebagai kalor laten untuk mengatasi gaya tarik antarmolekul sehingga suhu zat tidak mengalami kenaikan. Tahap C–D menunjukkan proses pemanasan zat cair, yaitu suhu zat kembali meningkat seiring dengan penambahan kalor hingga mencapai titik didih. Selanjutnya, tahap D–E menunjukkan proses penguapan yang berlangsung pada suhu tetap. Pada tahap ini, kalor yang diserap digunakan sebagai kalor laten untuk mengubah zat cair menjadi uap sehingga suhu tetap konstan hingga seluruh zat mengalami perubahan fase.



Gambar 3. Kurva Pemanasan

Sumber : (<https://buku.kemdikbud.go.id/>)

Berdasarkan pendapat tersebut, kurva pemanasan menjadi representasi visual yang memudahkan analisis proses perubahan fase. Dalam penelitian ini, kurva pemanasan digunakan sebagai dasar interpretasi data suhu terhadap waktu yang diperoleh melalui data logger sehingga peserta didik dapat mengidentifikasi terjadinya kalor laten selama proses peleburan dan penguapan.

e) Relevansi dengan Model

Konsep kalor laten merupakan landasan materi dalam pengembangan modul eksperimen pada penelitian ini. Pemahaman mengenai perubahan fase, hubungan antara kalor, massa, dan kalor laten, serta interpretasi kurva pemanasan menjadi materi yang harus dikuasai peserta didik untuk menjelaskan fenomena peleburan dan penguapan secara ilmiah. Oleh karena itu, penyajian materi dalam modul tidak hanya memuat penjelasan konseptual, tetapi juga dirancang melalui kegiatan eksperimen yang memungkinkan peserta didik mengamati secara langsung proses perubahan fase.

Penggunaan data logger dalam kegiatan eksperimen mendukung penyajian data suhu terhadap waktu secara real time, sehingga peserta

didik dapat mengidentifikasi bagian kurva yang menunjukkan terjadinya kalor laten dengan lebih akurat dibandingkan pencatatan manual. Data hasil pengukuran tersebut selanjutnya dianalisis melalui aktivitas yang dirancang sesuai pendekatan STEM untuk membantu peserta didik menghubungkan konsep fisika dengan hasil eksperimen.

Dengan demikian, konsep kalor laten menjadi dasar dalam penyusunan materi, kegiatan eksperimen, serta analisis data pada modul yang dikembangkan sehingga peserta didik diharapkan memperoleh pemahaman konseptual berdasarkan bukti empiris hasil pengamatan.

C. Kerangka Berpikir

Pembelajaran fisika pada materi kalor laten menuntut peserta didik memahami konsep melalui kegiatan eksperimen karena perubahan fase tidak dapat diamati secara optimal hanya melalui penjelasan teoritis. Peserta didik perlu mengamati perubahan suhu selama proses perubahan wujud, mengumpulkan data hasil pengukuran, kemudian menganalisis hubungan antara suhu dan waktu untuk membangun pemahaman konsep. Kenyataannya, kegiatan pembelajaran masih menghadapi kendala berupa keterbatasan bahan ajar yang mampu memandu eksperimen secara sistematis serta proses pencatatan data yang masih dilakukan secara manual. Kondisi tersebut menyebabkan hasil pengukuran kurang kontinu sehingga analisis data eksperimen belum berjalan secara optimal. Situasi ini menunjukkan perlunya bahan ajar yang mampu mengintegrasikan kegiatan eksperimen dengan teknologi pengukuran.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa modul pembelajaran berbasis kegiatan laboratorium mampu membimbing peserta didik melaksanakan eksperimen secara sistematis (Rizaldi, 2023). Bethony (2022) dan Uskenat et al. (2024) juga menjelaskan bahwa modul yang memuat kegiatan praktikum membantu peserta didik memahami konsep fisika melalui pengalaman belajar secara langsung. Aqil et al. (2020) menunjukkan bahwa pendekatan STEM mendukung pembelajaran berbasis penyelidikan dengan mengintegrasikan aspek sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam pemecahan masalah.

Maryam et al. (2025) melaporkan bahwa penggunaan data logger menghasilkan pengukuran suhu yang lebih akurat, kontinu, dan real-time sehingga mempermudah proses analisis data eksperimen.

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa modul pembelajaran, pendekatan STEM, dan data logger memiliki kontribusi terhadap peningkatan kualitas pembelajaran fisika. Meskipun demikian, pengembangannya masih dilakukan secara terpisah. Modul pembelajaran belum mengintegrasikan pendekatan STEM dan pemanfaatan data logger dalam satu produk. Penelitian mengenai STEM lebih menekankan penerapan pendekatan pembelajaran tanpa mengembangkan modul yang memuat kegiatan eksperimen. Penelitian mengenai data logger berfokus pada pengembangan perangkat praktikum dan belum diintegrasikan sebagai bagian dari modul pembelajaran pada materi kalor laten. Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya pengembangan modul pembelajaran yang menggabungkan kegiatan eksperimen, pendekatan STEM, dan pemanfaatan data logger dalam satu kesatuan pembelajaran.

Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) karena menyediakan tahapan yang sistematis dalam menghasilkan produk pembelajaran. Tahap Analysis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran dan karakteristik materi kalor laten. Tahap Design mencakup perancangan isi modul, kegiatan eksperimen, penerapan pendekatan STEM, serta integrasi data logger. Tahap Development meliputi penyusunan produk, validasi oleh ahli, dan uji coba pengguna sebagai dasar penyempurnaan modul. Penelitian dibatasi sampai tahap Development sehingga tahap Implementation dan Evaluation tidak dilaksanakan.

Pengembangan Modul Pembelajaran Kalor Laten dengan Pendekatan STEM Berbantuan Data Logger diharapkan menghasilkan bahan ajar yang mampu mengintegrasikan penyajian materi, kegiatan eksperimen, analisis data, dan evaluasi pembelajaran dalam satu kesatuan. Modul yang dikembangkan diharapkan mendukung pelaksanaan pembelajaran yang lebih sistematis, memberikan pengalaman belajar berbasis eksperimen, serta membantu peserta

didik memahami konsep kalor laten melalui data hasil pengukuran yang akurat. Hubungan antarunsur dalam kerangka berpikir penelitian ini disajikan pada bagan berikut.



Gambar 4. Kerangka Berpikir

D. Rancangan Model

Rancangan model pada penelitian ini berupa modul pembelajaran materi kalor laten dengan pendekatan STEM berbantuan data logger. Modul disusun berdasarkan komponen penyusunan modul pembelajaran sesuai pedoman Kemendikbud/Kemendikdasmen (2017). Inovasi yang dikembangkan terletak pada kegiatan inti pembelajaran, yaitu kegiatan eksperimen menggunakan data logger sebagai media pengambilan data sehingga peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan berbasis penyelidikan.

Tabel 1. Storyboard Produk

No	Komponen Modul	Deskripsi Komponen
1	Cover	Memuat judul modul, identitas mata pelajaran, fase/kelas, nama penulis, institusi, serta ilustrasi eksperimen kalor laten berbantuan data logger.
2	Kata Pengantar	Berisi tujuan penyusunan modul, manfaat modul, dan gambaran umum pembelajaran berbasis STEM berbantuan data logger.
3	Daftar Isi	Menyajikan sistematika isi modul serta daftar tabel dan gambar.

No	Komponen Modul	Deskripsi Komponen
4	Glosarium	Memuat istilah-istilah penting yang digunakan dalam modul, seperti kalor laten, kalor lebur, kalor uap, sensor suhu, data logger, kurva pemanasan, dan STEM.
5	Pendahuluan	Berisi tujuan pembelajaran, alur tujuan pembelajaran, deskripsi modul, prasyarat pembelajaran, alokasi waktu, serta petunjuk penggunaan modul.
6	Kegiatan Pembelajaran 1	Menyajikan uraian materi kalor laten, kegiatan eksperimen pertama berbantuan data logger, analisis data, rangkuman, latihan, dan penilaian diri.
7	Kegiatan Pembelajaran 2	Menyajikan uraian materi lanjutan, kegiatan eksperimen kedua berbantuan data logger, analisis data, rangkuman, latihan, dan penilaian diri.
8	Evaluasi	Berisi soal evaluasi untuk mengukur penguasaan konsep kalor laten setelah peserta didik menyelesaikan seluruh kegiatan pembelajaran.
9	Kunci Jawaban dan Pedoman Penskoran	Memberikan acuan penilaian hasil evaluasi peserta didik.
10	Daftar Pustaka	Memuat seluruh referensi yang digunakan dalam penyusunan modul.
11	Lampiran	Berisi lembar kerja peserta didik, contoh grafik hasil pengukuran, dan dokumen pendukung lainnya.