

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS PENELITIAN

A. Kajian Pustaka

1. E-Modul dan E-Modul Berbasis Kecerdasan Buatan (AI)

a. Konsep E-Modul

Secara konseptual, e-modul (Modul Elektronik) adalah bahan ajar mandiri yang disusun secara sistematis dan terstruktur dalam unit-unit pembelajaran yang utuh, disajikan dalam format digital, serta dapat memuat teks, gambar, audio, video, animasi, dan latihan interaktif yang dapat diakses melalui perangkat elektronik. Nadia Natalia Simamora et al. (2022) menegaskan bahwa kebutuhan mahasiswa maupun siswa terhadap e-modul fisika semakin meningkat karena bahan ajar cetak konvensional dinilai kurang mampu memvisualisasikan konsep-konsep fisika yang abstrak. Sejalan dengan itu, Roikha et al. (2023), menjelaskan bahwa e-modul memiliki keunggulan dibandingkan modul cetak karena bersifat interaktif, memudahkan navigasi, mampu mengintegrasikan multimedia seperti gambar, audio, video, dan animasi, serta menyediakan tes formatif yang memberikan umpan balik secara langsung kepada siswa. Secara konseptual, e-modul bukan sekedar alih bentuk format PDF, melainkan sebuah lingkungan belajar mandiri (*self contained learning environment*) yang dirancang agar siswa dapat belajar sesuai kecepatan dan gaya belajarnya masing-masing (*self-paced learning*).

b. Landasan Teori E-Modul

Pengembangan e-modul dilandasi oleh beberapa teori belajar. Pertama, teori konstruktivisme, yang memandang bahwa pengetahuan dibangun sendiri oleh siswa melalui pengalaman dan interaksi dengan konten belajar, bukan sekadar ditransfer oleh guru. Kedua, teori belajar mandiri (*self-directed learning*), yang menempatkan siswa sebagai pengatur proses belajarnya sendiri, sebagaimana ditegaskan dalam kajian Fajrie et al. (2021), bahwa e-modul interaktif secara signifikan mampu mendorong kemandirian belajar siswa pada materi kalor. Ketiga, teori multimedia learning (*cognitive theory of multimedia learning*), yang menyatakan bahwa kombinasi elemen visual dan verbal pada bahan ajar digital akan mengurangi beban kognitif (*cognitive load*) sekaligus memperkuat pemrosesan informasi pada memori kerja siswa apabila dirancang secara tepat. Ketiga landasan ini menjadi dasar konseptual bahwa e-modul bukan hanya sarana penyampaian materi, tetapi juga instrumen pedagogis yang membentuk cara siswa berpikir dan mengonstruksi pengetahuan.

2. Konsep E-Modul Berbasis Kecerdasan Buatan (AI)

E-modul berbasis AI adalah pengembangan lanjut dari e-modul interaktif konvensional, yang mengintegrasikan algoritma kecerdasan buatan untuk melakukan personalisasi konten, penyesuaian tingkat kesulitan, pemberian umpan balik otomatis, serta simulasi peran tutor (virtual tutor) sesuai dengan karakteristik dan capaian belajar masing-

masing siswa. Pairunan et al. (2025), dalam Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA) membuktikan bahwa e-learning module berbasis AI yang dikembangkan dengan model campuran (mixed methods) terbukti layak dan efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta keterampilan komunikasi siswa SMA. Sejalan dengan itu, (Rengkung et al., 2025) mengembangkan e-modul berbasis PBL yang memanfaatkan generative-AI, dan Ulya et al. (2025), mengembangkan e-modul berbasis AI dengan pendekatan *discovery learning* untuk kemampuan pemecahan masalah matematis. Secara konseptual, e-modul AI memposisikan mesin (AI) bukan sebagai pengganti guru, melainkan sebagai co-pilot pembelajaran yang memperluas kapasitas scaffolding yang selama ini hanya dapat diberikan guru secara terbatas karena keterbatasan waktu dan rasio guru-siswa. Pada tataran global, Chiu et al. (2023), dalam *Computers and Education: Artificial Intelligence* menegaskan bahwa AI dalam pendidikan (AIEd) memiliki tiga fungsi utama, yaitu AI-sebagai-tutor (personalisasi dan asesmen adaptif), AI-sebagai-tutee (siswa mengajari AI untuk memperdalam pemahaman), dan AI-sebagai-tools (alat bantu analisis dan produktivitas).

Berdasarkan sintesis dari berbagai kajian Pairunan et al. (2025) & Fortuna et al. (2025), e-modul berbasis AI dapat dikenali melalui ciri-ciri berikut:

- a. Adaptif: konten dan tingkat kesulitan soal menyesuaikan secara dinamis dengan kemampuan awal dan progres belajar siswa, bukan bersifat linear-seragam seperti modul konvensional.
- b. Personalisasi umpan balik: sistem memberikan umpan balik otomatis dan spesifik terhadap kesalahan berpikir siswa, bukan sekadar kunci jawaban benar/salah.
- c. Interaktivitas tinggi: memuat elemen multimedia (video, simulasi, animasi) yang dapat direspons langsung oleh pengguna, dilengkapi fitur tanya-jawab (chatbot tutor).
- d. Analitik pembelajaran (learning analytics): mampu merekam jejak belajar siswa untuk memetakan kesulitan belajar secara individual maupun kelompok.
- e. Aksesibilitas fleksibel: dapat diakses kapan saja dan di mana saja melalui perangkat berbasis web atau android, mendukung belajar mandiri di luar kelas.
- f. Kontekstualisasi otomatis: pada implementasi lanjut, AI generatif dapat menyesuaikan contoh soal dan ilustrasi dengan konteks lokal atau kehidupan sehari-hari siswa (Rengkung et al., 2025).

Perkembangan e-modul dalam lima tahun terakhir menunjukkan pergeseran yang progresif. Pada periode 2019–2021, e-modul umumnya masih berorientasi pada digitalisasi statis, yakni memindahkan modul cetak ke dalam format flipbook atau PDF interaktif dengan penambahan hyperlink dan video sederhana Roikha et al. (2023). Memasuki periode 2021–2022, e-

modul mulai diarahkan pada peningkatan interaktivitas dan kemandirian belajar, misalnya e-modul interaktif berbasis materi kalor yang terbukti meningkatkan hasil belajar siswa SMP Fajrie et al. (2021), serta e-modul berbasis kearifan lokal dan Problem Based Learning pada berbagai topik sains Nabila Saufika Zainuri (2024) . Pada periode 2023–2025, tren bergeser tajam ke arah integrasi kecerdasan buatan generatif, sejalan dengan meluasnya adopsi model bahasa besar (large language model) seperti ChatGPT sejak akhir 2022. Kebutuhan Guru Dan Siswa Terhadap Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Ai Dalam Meningkatkan Literasi Akademik Angelina Seplianti & Author (2025), melaporkan tingginya kebutuhan guru dan siswa terhadap e-modul interaktif berbasis AI untuk literasi akademik, sementara Pairunan et al. (2025), (Rengkung et al., 2025), dan Ulya et al. (2025), telah membuktikan secara empiris bahwa e-modul berbasis AI generatif layak dan efektif digunakan pada berbagai mata pelajaran. Secara global, tinjauan sistematis Chiu et al. (2023), serta Zawacki-Richter et al. (2019) dalam *International Journal of Educational Technology in Higher Education* menegaskan bahwa riset AI dalam pendidikan meningkat pesat sejak 2020, dengan fokus penelitian yang bergeser dari sekadar sistem tutor cerdas (intelligent tutoring system) menuju platform pembelajaran adaptif yang terintegrasi dengan analitik pembelajaran dan asesmen otomatis Halkiopoulous & Gkintoni (2024); Fortuna et al. (2025).

Indikator kemajuan e-modul dalam lima tahun terakhir dapat dipetakan pada empat dimensi: (1) tingkat interaktivitas, dari statis menuju multimedia interaktif dan konversasional (chatbot); (2) tingkat personalisasi, dari seragam (one-size-fits-all) menuju adaptif berbasis data individu; (3) mekanisme umpan balik, dari tertunda (manual oleh guru) menuju otomatis dan seketika (real-time); serta (4) basis pengembangan konten, dari kurasi manual oleh pengembang menuju bantuan AI generatif dalam penyusunan materi maupun soal kontekstual.

Balik perkembangan pesatnya, kajian-kajian terdahulu juga mengungkap sejumlah keterbatasan yang relevan menjadi celah penelitian. Pertama, sebagian besar e-modul berbasis AI yang dikembangkan (Rengkung et al., 2025); Ulya et al. (2025), belum secara eksplisit memadukan sintaks *Problem Based Learning* dengan pendekatan kontekstual secara utuh; AI lebih banyak difungsikan sebagai alat bantu penyajian materi atau pemberi umpan balik, bukan sebagai bagian integral dari tahapan orientasi-investigasi-evaluasi masalah dalam PBL. Kedua, mayoritas penelitian e-modul AI di Indonesia masih terfokus pada mata pelajaran non-fisika (kimia, matematika, IPA umum) atau pada topik fisika lain, sehingga penerapannya pada topik suhu dan kalor materi yang secara konsisten dilaporkan rawan miskonsepsi Ruhana et al. (2023), masih sangat terbatas. Ketiga, pengukuran keberhasilan e-modul AI pada penelitian terdahulu umumnya berhenti pada uji kelayakan (validitas ahli), belum banyak yang secara spesifik mengukur capaian pada tiap indikator berpikir

kritis (interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri) secara terpisah. Keempat, pada level internasional, Chiu et al. (2023), serta kajian bibliometrik terbaru mengenai integrasi AI dan berpikir kritis mencatat kekhawatiran bahwa ketergantungan berlebihan pada AI berpotensi justru menurunkan, bukan meningkatkan, kemampuan berpikir kritis siswa apabila AI digunakan tanpa desain pedagogis yang tepat sehingga desain e-modul AI perlu secara sengaja menempatkan siswa sebagai pemecah masalah aktif, bukan penerima jawaban pasif dari sistem.

3. Problem Based Learning

a. Konsep dan Sintaks PBL

Problem Based Learning (PBL) adalah model pembelajaran yang menjadikan masalah autentik sebagai titik tolak proses belajar, sehingga siswa dituntut aktif mengidentifikasi masalah, mengumpulkan data, berdiskusi, dan menyusun solusi berbasis bukti ilmiah. Mengacu pada sintaks PBL yang dirumuskan Yew & Schmidt (2012), dalam *Learning to Teach*, PBL umumnya terdiri atas lima tahap: (1) orientasi siswa pada masalah, (2) mengorganisasikan siswa untuk belajar, (3) membimbing penyelidikan individu maupun kelompok, (4) mengembangkan dan menyajikan hasil karya, dan (5) menganalisis serta mengevaluasi proses pemecahan masalah. Model ini berakar pada teori konstruktivisme, yang menekankan bahwa pemahaman paling bermakna terbentuk ketika siswa mengonstruksi pengetahuan melalui pengalaman memecahkan masalah nyata, bukan menerima konsep secara pasif.

b. Pembelajaran Kontekstual (Contextual Teaching and Learning)

Pembelajaran kontekstual (*Contextual Teaching and Learning/CTL*) adalah konsep belajar yang membantu guru mengaitkan materi yang diajarkan dengan situasi dunia nyata siswa, serta mendorong siswa membuat hubungan antara pengetahuan yang dimilikinya dengan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari Johnson, (2008) dalam Hasudungan (2022). CTL dibangun atas tujuh komponen utama, yaitu konstruktivisme, inkuiri (*questioning*), bertanya, komunitas belajar, pemodelan (*modeling*), refleksi, serta penilaian autentik. Pendekatan ini secara konsisten dilaporkan efektif pada pembelajaran fisika berbasis kontekstual, termasuk pada materi suhu dan kalor (Astuti, 2019), karena topik ini memiliki banyak fenomena sehari-hari yang dapat dijadikan konteks masalah, seperti pemanasan air, perpindahan kalor pada peralatan memasak, atau perbedaan suhu antarwilayah.

c. Integrasi Kontekstual dengan PBL (*Contextual Problem Based Learning/CPBL*)

Komponen kontekstual dipadukan dengan sintaks PBL, terbentuklah pendekatan *Contextual Problem Based Learning (CPBL)*, yaitu pembelajaran berbasis masalah yang masalah pemicunya secara sengaja diangkat dari fenomena kehidupan nyata siswa. Integrasi ini memperkuat relevansi personal siswa terhadap masalah yang dipecahkan, sehingga motivasi intrinsik dan keterlibatan kognitif siswa

dalam proses berpikir kritis menjadi lebih tinggi dibandingkan PBL yang menggunakan masalah generik atau tidak kontekstual.

4. Kemampuan Berpikir Kritis

a. Konsep dan Indikator Berpikir Kritis

Kemampuan berpikir kritis adalah keterampilan inti abad ke-21 yang mencakup kemampuan menganalisis, mengevaluasi, bernalar secara reflektif, dan menciptakan solusi atas masalah kompleks. Secara konseptual luas, Facione (1990), merumuskan enam komponen utama berpikir kritis, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan pengaturan diri (*self-regulation*). Operasional penelitian ini mengadopsi kerangka indikator berpikir kritis Ennis (2011), yang terdiri atas lima indikator, yaitu: (1) penjelasan sederhana (*elementary clarification*), (2) dasar pengambilan keputusan (*basic support*), (3) inferensi (*inference*), (4) penjelasan lanjut (*advanced clarification*), serta (5) strategi dan taktik (*strategy and tactics*). Kelima indikator Ennis ini dipilih sebagai acuan utama karena selaras dengan instrumen tes, tabel hasil, dan pembahasan berpikir kritis yang digunakan secara konsisten pada Bab III, IV, dan V penelitian ini.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa SMA di Indonesia pada materi sains masih tergolong rendah hingga sedang. Susilawati et al. (2020) dalam Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi melaporkan bahwa tingkat keterampilan berpikir kritis siswa SMA secara umum masih berada pada kategori rendah. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa 64% siswa berada pada kategori rendah dan 15% pada kategori sangat rendah, sehingga diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Temuan ini diperkuat oleh Ruhana et al. (2023), yang secara spesifik menganalisis keterampilan berpikir kritis siswa SMA pada materi suhu dan kalor dan menemukan bahwa siswa masih kesulitan mengaitkan konsep suhu dan kalor dengan penerapannya dalam pemecahan masalah kontekstual. Kondisi ini banyak dikaitkan dengan dominasi pembelajaran yang berpusat pada guru (*teacher-centered*), yang tidak memberi ruang cukup bagi siswa untuk berlatih bernalar secara mandiri.

Sejak meluasnya adopsi generative AI pada akhir 2022, riset mengenai hubungan AI dan berpikir kritis meningkat tajam secara global. Kajian bibliometrik dan tinjauan sistematis pada rentang 2023–2025 (ScienceDirect, 2025) yang menganalisis ratusan dokumen dari basis data Scopus mengidentifikasi lima klaster tema utama, yaitu inovasi pedagogis, dimensi psikologis, etika akademik, integrasi sistemik, dan literasi terkait AI, dengan arah penelitian yang mengerucut pada pembelajaran personal, literasi digital, dan penerapan AI yang etis. Tinjauan sistematis lain (2025) yang menelaah literatur Scopus dan ERIC periode 2023–2024 menyimpulkan bahwa AI generatif dapat berperan mendukung keterlibatan kritis siswa terhadap informasi, namun hanya efektif apabila digunakan sebagai pendukung, bukan

pengganti, proses berpikir aktif siswa. Kajian menggunakan model TAM (*Technology Acceptance Model*) yang dipadukan dengan teori berpikir kritis (*Frontiers in Education*, 2025) turut menegaskan bahwa dampak AI terhadap berpikir kritis sangat bergantung pada desain interaksi dan tingkat kepercayaan pengguna terhadap sistem AI tersebut. Pada konteks Indonesia, penelitian Pairunan et al. (2025) menjadi salah satu bukti empiris bahwa e-modul berbasis AI yang dirancang secara pedagogis tepat mampu secara nyata meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA, bukan justru melemahkannya.

Tabel 2.1 Indikator Berpikir Kritis (Ennis 1995)

No.	Indikator Berpikir Kritis	Kriteria
1	Elementary Clarification (Memberikan Penjelasan Sederhana).	Mengidentifikasi dan memperjelas pertanyaan atau masalah utama.
2	Basic Support (Membangun Keterampilan dasar).	Menyediakan bukti dan alasan yang relevan untuk mendukung argumen.
3	Inference (Menyimpulkan).	Menarik kesimpulan yang logis berdasarkan bukti yang ada.
4	Advance Clarification (Membuat Penjelasan Lanjut).	Menghubungkan konsep dan ide secara mendalam serta memberikan analisis lebih lanjut.
5	Strategi and Tactic (Melakukan Strategi dan Taktik).	Merencanakan pendekatan sistematis untuk menyelesaikan masalah dan merefleksikan prosesnya.

5. Materi Fisika: Suhu dan Kalor

a. Ruang Lingkup Materi

Suhu dan kalor merupakan materi fisika kelas XI yang mencakup konsep suhu dan kalor, skala termometer, pemuaian zat, kapasitas kalor dan kalor jenis, perubahan wujud zat, asas black, serta mekanisme perpindahan kalor melalui konduksi, konveksi, dan radiasi. Materi ini bersifat abstrak namun memiliki banyak aplikasi nyata dalam kehidupan sehari-hari, sehingga sangat sesuai dijadikan konteks pendekatan CPBL.

b. Potensi Kontekstualisasi Materi Suhu dan Kalor

Fenomena sehari-hari seperti pemanasan air, kerja lemari es, perpindahan kalor pada peralatan memasak, hingga perbedaan suhu daerah pesisir dan pegunungan dapat dijadikan pemicu masalah (*trigger problem*) yang autentik pada sintaks PBL. Kekayaan konteks inilah yang menjadikan suhu dan kalor sebagai materi yang ideal untuk menguji efektivitas gabungan pendekatan kontekstual, PBL, dan e-modul berbasis AI secara bersamaan.

B. Kajian Penelitian Relevan

Memastikan posisi kebaruan penelitian ini, memetakan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dari jurnal terindeks Sinta maupun Scopus, beserta persamaan dan perbedaannya dengan penelitian yang akan dilakukan.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Salsabilla dan Setiaji (2023) yang diterbitkan dalam ***OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika***. Penelitian tersebut berfokus pada kajian literatur e-modul fisika berbasis PBL yang diintegrasikan dengan kearifan lokal pada topik suhu dan kalor. Persamaan dengan penelitian ini adalah sama-sama mengangkat media e-modul berbasis PBL pada materi suhu dan kalor. Perbedaannya terletak pada aspek keterlibatan teknologi cerdas; penelitian Salsabilla dan Setiaji belum melibatkan komponen kecerdasan buatan (AI) serta metodenya masih bersifat studi literatur, sedangkan penelitian ini berfokus pada pengembangan produk riil yang diuji di lapangan
2. Penelitian yang dilakukan oleh Pairunan, Nurjannah, Haeruddin, Wahyono, dan Pasaribu (2025) yang dipublikasikan dalam ***Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)***. Mereka berfokus pada pengembangan *e-learning module* berbasis AI untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi siswa SMA. Persamaannya adalah kedua penelitian ini sama-sama mengembangkan modul digital berbasis kecerdasan buatan (AI) yang secara spesifik diarahkan untuk memberdayakan keterampilan berpikir kritis siswa. Perbedaannya, penelitian Pairunan et al. (2025), tidak menggunakan

sintaks model PBL kontekstual dan materi fisiknya bukan materi suhu dan kalor secara spesifik.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Apriani, Medriati, dan Setiawan (2025) yang dipublikasikan dalam Kasuari: ***Physics Education Journal (KPEJ)***. Penelitian tersebut mengembangkan e-modul interaktif berbasis *Problem Based Learning (PBL)* pada materi kalor dan termodinamika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA dalam konteks Kurikulum Merdeka, menggunakan model pengembangan ADDIE. Persamaan dengan penelitian ini terletak pada kesamaan materi ajar (suhu, kalor, dan termodinamika), sintaks model pembelajaran (*Problem Based Learning*), jenjang pendidikan (SMA), serta variabel dependen yang diukur (kemampuan berpikir kritis). Perbedaannya, penelitian Apriani dkk. belum mengintegrasikan pendekatan kontekstual secara eksplisit dan belum melibatkan komponen kecerdasan buatan (AI) ke dalam e-modul yang dikembangkan, sedangkan penelitian ini menggabungkan *Contextual PBL* dengan teknologi AI sebagai unsur kebaruan.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Ulya et al. (2025), dalam ***Journal of Mathematics Education***. Penelitian tersebut mengembangkan e-modul berbasis AI dengan menggunakan pendekatan *discovery learning* untuk menstimulasi kemampuan pemecahan masalah matematis. Persamaan dengan penelitian ini adalah pemanfaatan e-modul berbasis AI yang sama-sama berorientasi pada kemampuan bernalar tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*). Perbedaannya terletak pada pendekatan pembelajaran

yang diadopsi yaitu *discovery learning* (bukan *Contextual Problem Based Learning*) serta diterapkan pada rumpun mata pelajaran matematika, bukan fisika.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Ruhana et al. (2023), yang diterbitkan di ***Journal of Natural Science and Integration***. Penelitian ini berfokus pada analisis mendalam mengenai keterampilan berpikir kritis siswa SMA khusus pada materi suhu dan kalor. Persamaannya adalah penegasan pentingnya karakteristik materi suhu dan kalor sebagai konteks utama untuk melatih penalaran dan berpikir kritis siswa. Perbedaannya, riset Ruhana et al. (2023), bersifat deskriptif-analitis untuk memetakan kemampuan dasar siswa dan tidak melakukan tindakan intervensi berupa pengembangan produk bahan ajar digital.

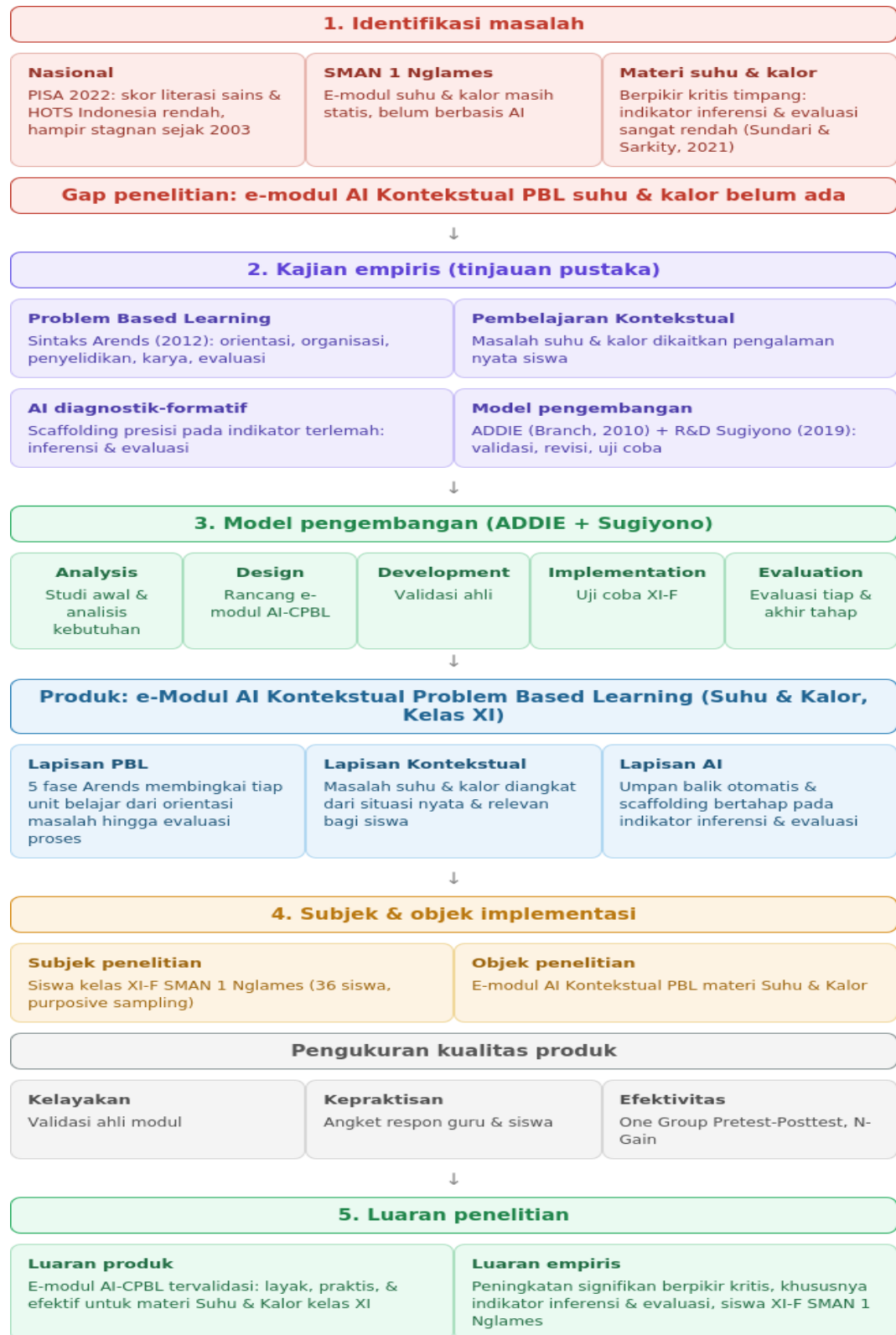
Berdasarkan dari kajian hasil penelitian yang relevan diatas, dapat disimpulkan bahwa penelitian-penelitian terdahulu telah membuktikan secara terpisah bahwa: (a) e-modul berbasis PBL efektif pada materi suhu dan kalor (Salsabilla & Setiaji, 2023; Ruhana et al. (2023); (b) e-modul berbasis AI efektif meningkatkan berpikir kritis pada mata pelajaran lain Pairunan et al. (2025), Ulya et al. (2025); dan (c) pendekatan kontekstual efektif pada materi suhu dan kalor dalam bentuk bahan ajar konvensional Astiti (2019). Belum ditemukan penelitian yang secara utuh memadukan ketiga unsur tersebut AI, PBL, dan kontekstual ke dalam satu produk e-modul yang secara khusus dirancang dan diuji pada materi suhu dan kalor, dengan pengukuran capaian berpikir kritis yang dipilah per indikator (interpretasi, analisis, evaluasi,

inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri). Celah inilah yang menjadi posisi kebaruan (novelty) penelitian ini.

Kekhasan e-modul AI versi penelitian ini terletak pada tiga hal. Pertama, AI tidak ditempatkan sebagai lapisan tambahan (*add-on*) di luar PBL, melainkan dijalin ke dalam setiap sintaks PBL misalnya AI membantu memunculkan variasi masalah kontekstual pada tahap orientasi, memberikan pertanyaan pemandu (*scaffolding questions*) pada tahap penyelidikan, serta memberikan umpan balik reflektif pada tahap evaluasi. Kedua, konteks masalah yang disajikan AI diarahkan secara khusus pada fenomena suhu dan kalor yang dekat dengan pengalaman siswa, bukan konteks generik. Ketiga, keberhasilan produk diukur secara eksplisit pada tiap indikator berpikir kritis, bukan hanya skor komposit, sehingga dapat diketahui indikator mana yang paling terdampak oleh intervensi e-modul AI-CPBL ini.

C. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir penelitian ini menghubungkan kondisi faktual di lapangan dengan tiga pilar teori (*Problem Based Learning*, pembelajaran kontekstual, dan kecerdasan buatan) yang diintegrasikan menjadi satu variabel bebas, yaitu e-modul AI Kontekstual *Problem Based Learning* (AI-CPBL) pada materi suhu dan kalor. Variabel bebas ini diuji pengaruhnya terhadap variabel terikat, yaitu kemampuan berpikir kritis siswa, melalui desain penelitian dan pengembangan (R&D) model ADDIE yang diujicobakan dengan desain One Group Pretest-Posttest pada satu kelas penelitian (kelas XI-F, 36 siswa) tanpa kelas pembanding. Alur logis kerangka berpikir tersebut divisualisasikan pada Gambar 2.1 berikut.



Sumber: diolah oleh peneliti, 2026

Gambar 3. 1 Kerangka Berpikir

Pertama, kondisi faktual menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia masih rendah (PISA 2022), materi suhu dan kalor rawan miskonsepsi dan timpang capaian antar-indikator Ruhana et al. (2023), serta pembelajaran di SMAN 1 Nglames masih berpusat pada guru tanpa e-modul berbasis AI. Kedua, tiga pilar teori *Problem Based Learning* sintaks Yew & Schmidt (2012), pembelajaran kontekstual, dan kecerdasan buatan sebagai instrumen diagnostik-formatif diintegrasikan menjadi satu produk e-modul AI-CPBL yang dirancang untuk menjawab kondisi tersebut, dikembangkan melalui model ADDIE. Ketiga, produk ini diimplementasikan pada satu kelas penelitian (kelas XI-F, 36 siswa) melalui desain One Group Pretest-Posttest tanpa kelas pembanding. Keempat, dampak intervensi diukur melalui pre-test dan post-test (N-Gain) pada tes berpikir kritis berbasis kasus yang mengacu pada lima indikator Ennis, dengan penekanan pada indikator inferensi dan evaluasi yang teridentifikasi sebagai capaian terendah. Kelima, hasil yang diharapkan adalah peningkatan hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis siswa secara signifikan pada materi suhu dan kalor, serta e-modul AI-CPBL yang tervalidasi layak dan efektif.

Pemilihan model ADDIE dalam kerangka berpikir penelitian ini didasari oleh beberapa pertimbangan, khususnya jika dibandingkan dengan model pengembangan lain seperti Borg & Gall (sepuluh langkah) atau model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*). Pertama, model ADDIE bersifat sederhana dan sistematis karena hanya terdiri atas lima tahap yang tersusun secara linear dan saling berkaitan (*Analysis, Design, Development,*

Implementation, Evaluation), sehingga alur kerjanya mudah dipahami dan mudah dilaksanakan oleh peneliti tunggal dalam skala penelitian skripsi dengan keterbatasan waktu dan sumber daya. Kedua, meskipun sederhana, model ADDIE tetap bersifat lengkap karena mencakup seluruh siklus pengembangan produk, mulai dari analisis kebutuhan di lapangan hingga tahap evaluasi dampak produk terhadap pengguna, sehingga tidak berhenti hanya pada tahap pengembangan produk saja sebagaimana pada sebagian model pengembangan lain yang lebih menekankan aspek desain produk tanpa pengujian dampak secara eksplisit. Ketiga, sifat fleksibel dan iteratif pada model ADDIE, khususnya pada tahap evaluasi yang dapat dilakukan secara formatif di setiap tahap dan sumatif pada akhir tahap *Implementation*, memungkinkan peneliti melakukan perbaikan produk secara bertahap berdasarkan data validasi ahli materi dan ahli media sebelum diujicobakan kepada siswa. Ketiga pertimbangan tersebut menjadikan model ADDIE sederhana, lengkap, dan mudah dilaksanakan, sehingga relevan digunakan untuk mengembangkan e-modul AI-CPBL yang valid, layak, dan efektif sebagaimana menjadi tujuan penelitian ini.

Berdasarkan alur kerangka berpikir tersebut, e-modul AI-CPBL yang dikembangkan diproyeksikan akan memperoleh respon positif dari guru dan siswa. Proyeksi ini didasarkan pada tiga alasan utama: (1) produk dirancang berdasarkan analisis kebutuhan aktual di lapangan pada tahap *Analysis*, sehingga konten dan fitur yang disajikan relevan dengan permasalahan nyata yang dihadapi guru dan siswa di SMAN 1 Nglames, bukan

sekadar adaptasi produk generik; (2) produk telah melalui proses validasi oleh ahli materi dan ahli media sebelum diujicobakan, sehingga kelayakan isi, penyajian, dan kebahasaannya telah terstandardisasi terlebih dahulu; dan (3) integrasi kecerdasan buatan sebagai instrumen diagnostik-formatif memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan personal, sesuai dengan karakteristik siswa generasi digital yang terbiasa berinteraksi dengan teknologi dalam kehidupan sehari-hari Chiu et al. (2023).

Sejalan dengan hal tersebut, kemampuan berpikir kritis siswa juga diproyeksikan akan mengalami peningkatan, bukan stagnan atau menurun, setelah pembelajaran menggunakan e-modul AI-CPBL. Proyeksi ini didasarkan pada landasan teoretis bahwa sintaks Problem Based Learning Yew & Schmidt (2012), secara inheren melatih siswa untuk mengidentifikasi masalah, merumuskan dugaan penyelesaian, dan menarik kesimpulan berdasarkan data, yang merupakan inti dari indikator berpikir kritis Ennis (2011); pendekatan kontekstual meningkatkan kebermaknaan belajar karena materi suhu dan kalor dikaitkan langsung dengan fenomena kehidupan sehari-hari siswa; serta dukungan AI memberikan umpan balik formatif yang cepat dan personal, sehingga kesalahan konsep dapat dikoreksi lebih awal dibandingkan pembelajaran konvensional. Kerangka berpikir penelitian ini secara logis mengarah pada dugaan bahwa penerapan e-modul AI-CPBL akan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi suhu dan kalor, sebagaimana dirumuskan pada hipotesis penelitian berikut.

D. Hipotesis Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain pra-eksperimen one-group pretest-posttest design pada satu kelas penelitian dengan jumlah sampel sebanyak 36 siswa, tanpa melibatkan kelas pembanding (kontrol). Dengan demikian, pengujian hipotesis dilakukan dengan membandingkan skor sebelum (pre-test) dan sesudah (post-test) siswa yang sama diberi perlakuan berupa pembelajaran menggunakan e-modul berbasis AI dengan pendekatan CPBL. Berdasarkan kajian pustaka dan kerangka berpikir di atas, hipotesis penelitian ini disusun sebagai berikut.

1. E-modul AI Kontekstual *Problem Based Learning* pada materi suhu dan kalor untuk siswa kelas XI SMAN 1 Nglames di kembangkan dengan metode ADDIE layak digunakan berdasarkan validasi ahli materi dan ahli media.
2. E-modul AI Kontekstual *Problem Based Learning* pada materi suhu dan kalor untuk siswa kelas XI SMAN 1 Nglames layak digunakan berdasarkan angket respon siswa.
3. E-modul AI Kontekstual *Problem Based Learning* efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas XI SMAN 1 Nglames pada materi suhu dan kalor.