

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab I diuraikan beberapa hal, antara lain: 1) latar belakang, 2) identifikasi masalah, 3) pembatasan masalah, 4) rumusan masalah, 5) tujuan penelitian, 6) manfaat penelitian, 7) spesifikasi pengembangan, 8) asumsi pengembangan, 9) penjelasan istilah.

1.1 Latar Belakang

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik tidak hanya menguasai pengetahuan faktual, tetapi juga memiliki keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif (4C) sebagai bekal menghadapi kompleksitas kehidupan dan dunia kerja global. Kerangka *Framework for 21st Century Learning* menegaskan bahwa penguasaan 4C merupakan kompetensi esensial yang harus dikembangkan melalui proses pembelajaran yang bermakna dan berpusat pada peserta didik (Barokah et al., 2025). Namun demikian, berbagai indikator internasional menunjukkan bahwa kualitas capaian pembelajaran sains peserta didik Indonesia masih relatif rendah (Mauladhani et al., 2023). Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022 menunjukkan skor literasi sains Indonesia sebesar 383, jauh di bawah rata-rata *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) sebesar 485, yang mengindikasikan lemahnya kemampuan peserta didik dalam memahami, menalar, dan menerapkan konsep sains dalam konteks nyata (Alfaruqi & Nurwahidah, 2025).

Rendahnya capaian literasi sains tersebut tidak semata-mata menunjukkan lemahnya penguasaan konsep, melainkan mengindikasikan adanya ketidaksesuaian mendasar antara karakteristik pembelajaran yang diterapkan dengan kompetensi abad ke-21 yang diharapkan (Sanjiartha et al., 2024). Kenyataan ini diperkuat oleh data bahwa hanya sekitar 34,16% peserta didik Indonesia yang mencapai level minimum kompetensi literasi sains atau *Level 2*, sedangkan rata-rata negara OECD mencapai lebih dari 75% (Alfaruqi & Nurwahidah, 2025). Kondisi ini menandakan bahwa sebagian besar peserta didik masih berada pada level kemampuan dasar, yakni sebatas mengenali informasi ilmiah sederhana tanpa mampu menggunakannya untuk memecahkan masalah kontekstual. Temuan tersebut menegaskan perlunya reconstruksi pendekatan pembelajaran yang mampu mengintegrasikan konstruksi pengetahuan melalui proses penyelidikan, kolaborasi, dan pemecahan masalah secara sistematis.

Fisika sebagai salah satu cabang sains memiliki peran strategis dalam membangun kemampuan berpikir tingkat tinggi dan sikap ilmiah peserta didik. Pembelajaran fisika tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep dan hukum alam, tetapi juga melatih keterampilan analisis, sintesis, evaluasi, serta pemecahan masalah berbasis fenomena alam (Neswary et al., 2023). Kurikulum fisika di tingkat SMA dirancang untuk membekali peserta didik dengan pemahaman konseptual, keterampilan proses sains, serta kemampuan menerapkan prinsip fisika dalam kehidupan sehari-hari (Kotsis, 2024). Selain itu, fisika juga berkontribusi dalam membentuk karakter ilmiah seperti rasa ingin tahu, objektivitas, ketekunan, dan keterbukaan terhadap gagasan baru, yang sangat dibutuhkan dalam menghadapi perkembangan teknologi dan tantangan global (Turdaliyevich, 2025).

Meskipun demikian, realitas pembelajaran fisika di sekolah masih menunjukkan adanya kesenjangan antara tujuan kurikulum dan praktik pembelajaran di kelas. Berbagai penelitian melaporkan bahwa peserta didik mengalami kesulitan memahami konsep fisika yang bersifat abstrak, seperti gaya, energi, elastisitas, dan gerak parabola, sehingga berdampak pada rendahnya motivasi dan keterlibatan belajar (Verawati & Nisrina, 2025). Pembelajaran fisika masih cenderung berorientasi pada transfer pengetahuan satu arah melalui metode ceramah (*teacher-centered*), yang kurang memberikan ruang bagi peserta didik untuk membangun pemahaman konseptual secara aktif dan ilmiah (Hayat, 2024). Akibatnya, fisika sering dipersepsikan sebagai mata pelajaran yang sulit dan menakutkan, serta berimplikasi pada rendahnya capaian hasil belajar.

Dominasi metode pembelajaran konvensional menjadi salah satu faktor utama rendahnya kualitas pembelajaran fisika. Metode tradisional terbukti kurang efektif dalam melatih keterampilan berpikir kritis dan cenderung membuat peserta didik pasif selama proses belajar (Usman et al., 2024). Temuan senada disampaikan oleh Sari et al. (2022) yang menyatakan bahwa minimnya latihan pemecahan masalah kontekstual menyebabkan rendahnya kemampuan berpikir kritis dan penalaran ilmiah peserta didik. Secara empiris, kondisi ini berdampak langsung pada rendahnya rata-rata pencapaian akademik fisika peserta didik yang sering kali berada di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM), sehingga mengindikasikan perlunya inovasi pembelajaran yang lebih efektif dan bermakna (Dzaki et al., 2025).

Kondisi tersebut secara nyata juga ditemukan di SMAK Harapan sebagai lokasi penelitian. Hasil observasi awal menunjukkan bahwa pembelajaran fisika masih didominasi metode ceramah dengan tingkat keterlibatan aktif peserta didik

yang relatif rendah. Sikap ilmiah seperti rasa ingin tahu, kejujuran terhadap data, keterbukaan terhadap argumen, dan kemampuan mengambil keputusan berbasis bukti belum berkembang secara optimal. Data nilai ulangan harian menunjukkan bahwa hanya sekitar 45% peserta didik yang mencapai nilai di atas KKM. Selain itu, keterbatasan waktu pembelajaran dan fasilitas laboratorium menyebabkan kegiatan eksperimen nyata jarang dilakukan, sehingga pembelajaran cenderung bersifat teoretis dan kurang kontekstual.

Permasalahan pembelajaran fisika di SMAK Harapan tersebut tidak bersifat tunggal, melainkan merupakan permasalahan sistemik yang mencakup lima kawasan Teknologi Pendidikan (Bourges-waldegg et al., 2000; Brahmawong, 1990). Pada kawasan desain (*design*), pembelajaran fisika belum dirancang secara sistematis untuk mengintegrasikan masalah kontekstual, kolaborasi, dan pemanfaatan media interaktif (Nurqualbiah et al., 2024). Pada kawasan pengembangan (*development*), ketersediaan sumber belajar digital yang dirancang khusus sesuai karakteristik kognitif peserta didik masih terbatas (Linhalis & Silva, 2023). Pada kawasan pemanfaatan (*utilization*), media pembelajaran berbasis teknologi belum dimanfaatkan secara optimal untuk mendorong keterlibatan aktif dan pembelajaran mandiri (Haryanto et al., 2024). Keterbatasan alokasi waktu dan sarana eksperimen nyata juga belum diimbangi dengan strategi pembelajaran yang adaptif pada kawasan pengelolaan (*management*) (Oliveira & Bonito, 2025). Sementara itu, pada kawasan evaluasi (*evaluation*), penilaian pembelajaran masih berfokus pada hasil kognitif akhir dan belum memfasilitasi evaluasi sikap ilmiah serta proses berpikir peserta didik secara komprehensif (Garira, 2024).

Analisis terhadap kelima kawasan Teknologi Pendidikan tersebut menunjukkan bahwa upaya perbaikan yang dilakukan secara parsial tidak akan efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fisika secara menyeluruh (Andani et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan pembelajaran yang secara simultan mengintegrasikan pemecahan masalah sebagai inti aktivitas belajar, kerja sama kolaboratif antarpeserta didik, penerapan desain instruksional yang terstruktur, serta pemanfaatan teknologi pembelajaran yang interaktif dan kontekstual (Artha et al., 2025). Salah satu pendekatan yang sangat relevan untuk menjawab kebutuhan tersebut adalah *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL), yang secara empiris terbukti lebih unggul dibandingkan *Problem-Based Learning* (PBL) atau *Collaborative Learning* (CL) yang diterapkan secara terpisah (Hidayah et al., 2021).

Integrasi antara pendekatan berbasis masalah dan struktur kolaboratif yang sistematis dalam PBCL terbukti mampu mengoptimalkan pemahaman konseptual sekaligus keterampilan sosial peserta didik. Model PBL memiliki dampak yang kuat terhadap pemahaman konseptual jangka panjang (Strobel & Barneveld, 2009), namun dampaknya terhadap keterampilan kolaboratif bervariasi jika kerja kelompok tidak dirancang secara eksplisit (Walker & Leary, 2009). Sebaliknya, model CL terbukti meningkatkan interaksi sosial dan tanggung jawab kelompok (Slavin, 2014), tetapi membutuhkan masalah autentik agar mampu melatih pemecahan masalah kompleks. Penggabungan keduanya dalam PBCL terbukti meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, serta sikap ilmiah dan hasil belajar sains peserta didik secara signifikan (Nadila & Alwi, 2024; Oktavia et al., 2024).

Selain pendekatan pedagogis, pemanfaatan teknologi pembelajaran seperti simulasi interaktif PhET menjadi faktor kunci untuk memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak serta mengatasi keterbatasan sarana laboratorium nyata. Peserta didik yang belajar menggunakan simulasi interaktif terbukti memperoleh peningkatan pemahaman konseptual yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran konvensional (Tuyizere & Yadav, 2023). *PhET Interactive Simulations* secara konsisten dilaporkan efektif dalam membantu pembentukan model mental dan meningkatkan keterlibatan kognitif peserta didik (Price et al., 2019). Integrasi PhET dalam pembelajaran berbasis masalah juga terbukti meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan motivasi belajar peserta didik secara signifikan (Niko et al., 2024).

Dalam konteks tersebut, pengembangan E-Modul fisika berbasis PBCL terintegrasi PhET diposisikan untuk mengisi empat celah penelitian (*research gap*) utama. Dari aspek *empirical gap*, sebagian besar penelitian terdahulu mengenai media digital fisika hanya berfokus pada pengukuran hasil belajar kognitif, sedangkan penelitian ini mengukur dua variabel secara simultan yaitu sikap ilmiah dan prestasi belajar (Oktavia et al., 2024). Dari aspek *methodological gap*, belum ada penelitian yang mengintegrasikan secara utuh tahapan desain instruksional *Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation* (ADDIE), strategi PBCL, dan simulasi PhET dalam satu sistem E-Modul digital interaktif (Niko et al., 2024). Dari aspek *contextual gap*, sangat terbatas penelitian *Research and Development* (R&D) yang mengambil konteks spesifik di SMA berbasis agama seperti SMAK Harapan (Andani et al., 2023). Terakhir, secara teoretis (*theoretical gap*), penelitian ini menguji model hibrida PBCL yang menggabungkan

keunggulan PBL dan CL guna mengatasi kelemahan penerapan kedua model tersebut secara terpisah (Hidayah et al., 2021; Slavin, 2014).

Berdasarkan analisis kausalitas dan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini diarahkan pada pengembangan E-Modul fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* dengan dukungan simulasi PhET yang dikembangkan menggunakan model desain instruksional ADDIE (Lestari et al., 2022; Manggala et al., 2024). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk pembelajaran yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan sikap ilmiah serta prestasi belajar peserta didik kelas XI SMAK Harapan (Damayanti & Budiawanti, 2024; Wijaya et al., 2024). Secara praktis, E-Modul ini diharapkan menjadi solusi pembelajaran yang kontekstual dan adaptif terhadap keterbatasan sarana laboratorium serta alokasi waktu (Sindu & Permana, 2021). Secara teoretis, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan ilmu Teknologi Pendidikan, khususnya dalam kajian desain dan pengembangan sumber belajar digital berbasis kolaborasi dan pemecahan masalah (Artha et al., 2025).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan sebelumnya, terdapat beberapa permasalahan utama yang dapat diidentifikasi yaitu:

1. Kualitas literasi sains peserta didik Indonesia masih relatif rendah sebagaimana ditunjukkan oleh hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2022, yang menandakan belum berkembangnya kemampuan menalar,

memahami, dan menerapkan konsep sains dalam memecahkan masalah kontekstual.

2. Belum tersedianya rancangan desain instruksional (*instructional design*) fisika yang secara sistematis menyelaraskan antara tujuan pembelajaran, strategi pemecahan masalah kontekstual, dan aktivitas belajar kolaboratif antarpeserta didik.
3. Ketersediaan sumber belajar digital interaktif pada kawasan pengembangan masih sangat terbatas, di mana pembelajaran masih didominasi oleh penggunaan buku teks cetak yang kurang memfasilitasi visualisasi konsep-konsep fisika yang abstrak seperti Gerak Parabola.
4. Pemanfaatan teknologi pembelajaran pada kawasan pemanfaatan belum optimal, di mana media digital seperti simulasi virtual *PhET Interactive Simulations* belum terintegrasi secara terstruktur ke dalam skenario pembelajaran untuk mendukung eksperimen mandiri maupun kelompok.
5. Pengelolaan lingkungan belajar (*digital learning environment*) belum adaptif terhadap keterbatasan alokasi waktu dan sarana laboratorium nyata, sehingga kegiatan penyelidikan ilmiah dan eksperimen fisika jarang dilaksanakan.
6. Sistem asesmen pada kawasan evaluasi masih cenderung berorientasi pada pengukuran hasil kognitif akhir (*summative test*), serta belum memfasilitasi penilaian proses berpikir kritis, umpan balik berkelanjutan, dan perkembangan sikap ilmiah peserta didik.
7. Belum berkembangnya sikap ilmiah peserta didik (seperti rasa ingin tahu, kejujuran data, objektivitas, dan kerja sama) serta rendahnya capaian prestasi

belajar fisika, di mana data empiris menunjukkan baru sekitar 45% peserta didik yang mampu mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM).

Berdasarkan rangkaian identifikasi tersebut, dapat dipahami bahwa akar permasalahan utama pembelajaran fisika di SMAK Harapan tidak hanya bermuara pada rendahnya capaian hasil belajar peserta didik semata, melainkan berakar pada belum terintegrasinya desain pembelajaran, strategi pedagogis, sumber belajar digital, serta pemanfaatan teknologi secara sistemik dan terpadu. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan solusi pada pengembangan E-Modul berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) terintegrasi simulasi PhET sebagai wujud pemecahan masalah instruksional dalam kawasan Teknologi Pendidikan secara komprehensif.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dipaparkan, penelitian ini tidak mencakup seluruh permasalahan instruksional dalam pembelajaran fisika, melainkan dibatasi pada aspek-aspek utama dengan argumentasi akademik sebagai berikut: Pertama, pengembangan produk difokuskan pada bahan ajar digital berupa E-Modul berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) yang terintegrasi dengan simulasi virtual *PhET Interactive Simulations*. Pemilihan model PBCL didasarkan pada pertimbangan pedagogis bahwa integrasi antara strategi pemecahan masalah autentik dan struktur kerja kelompok terbukti secara empiris efektif untuk mengatasi keterbatasan pembelajaran konvensional yang cenderung pasif, sekaligus menumbuhkan keterampilan kolaboratif dan penalaran ilmiah peserta didik secara simultan

(Davidson & Major, 2014; Hendarwati et al., 2021). Kedua, ruang lingkup materi pembelajaran dibatasi pada materi Gerak Parabola bagi peserta didik kelas XI SMA pada Fase F Kurikulum Merdeka. Pemilihan materi Gerak Parabola didasarkan pada karakteristik konsep yang memiliki tingkat abstraksi tinggi karena merupakan perpaduan antara Gerak Lurus Beraturan (GLB) pada arah horizontal dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) pada arah vertikal, sehingga membutuhkan dukungan visualisasi dinamis untuk membantu pembentukan model mental peserta didik (Sudatha et al., 2018; BSKAP, 2025). Pemilihan kelas XI Fase F didasarkan pada tuntutan kurikulum yang menuntut kemampuan analisis kognitif tingkat tinggi serta pemodelan matematis berbasis fenomena nyata (Warisyah et al., 2023). Ketiga, dampak penggunaan E-Modul dibatasi pada dua variabel terikat utama, yaitu sikap ilmiah (ranah afektif/proses) dan prestasi belajar fisika (ranah kognitif) peserta didik. Keempat, subjek dan lokasi uji coba produk dilaksanakan secara terbatas pada peserta didik kelas XI SMAK Harapan Denpasar guna menguji tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas produk sebelum diimplementasikan secara lebih luas.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik E-Modul Fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) yang dikembangkan berdasarkan model ADDIE ditinjau dari aspek desain, validitas, dan kepraktisan?

2. Bagaimana keefektifan penggunaan E-Modul Fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) dalam meningkatkan sikap ilmiah peserta didik kelas XI SMAK Harapan?
3. Bagaimana keefektifan penggunaan E-Modul Fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) dalam meningkatkan prestasi belajar peserta didik kelas XI SMAK Harapan?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendeskripsikan karakteristik E-Modul Fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) yang dikembangkan berdasarkan model ADDIE ditinjau dari aspek desain, validitas, dan kepraktisan.
2. Mendeskripsikan keefektifan penggunaan E-Modul Fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) dalam meningkatkan sikap ilmiah peserta didik kelas XI SMAK Harapan.
3. Mendeskripsikan keefektifan penggunaan E-Modul Fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) dalam meningkatkan prestasi belajar peserta didik kelas XI SMAK Harapan.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian pengembangan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis maupun praktis dalam bidang pendidikan, khususnya Teknologi Pendidikan:

1.6.1 Manfaat Teoretis

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan ilmu Teknologi Pendidikan, khususnya dalam kawasan desain instruksional (*instructional design*), teknologi pembelajaran (*learning technology*), dan lingkungan belajar digital (*digital learning environment*). Secara teoretis, hasil penelitian ini memperkuat penerapan *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) serta Konstruktivisme Sosial Vygotsky melalui integrasi model *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) dan simulasi virtual PhET dalam format E-Modul interaktif untuk mendukung pemahaman konsep abstrak dan pembentukan sikap ilmiah (Mayer, 2009; Artha et al., 2025).

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Bagi Pendidik (Guru): Menyediakan alternatif sumber belajar digital interaktif yang siap pakai untuk membantu memfasilitasi pembelajaran fisika yang berpusat pada peserta didik, mengatasi keterbatasan sarana laboratorium nyata, serta menumbuhkan sikap ilmiah dan keterampilan kolaboratif di kelas.
2. Bagi Peserta Didik: Memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual, fleksibel, dan interaktif melalui perpaduan permasalahan nyata, simulasi PhET, dan diskusi kelompok, sehingga mampu meningkatkan kemandirian, sikap ilmiah, dan prestasi belajar fisika.
3. Bagi Sekolah: Memberikan rujukan dan sumbangan inovasi media pembelajaran berbasis teknologi untuk mendukung keterlaksanaan Kurikulum Merdeka yang menekankan pada pembelajaran kolaboratif, kontekstual, dan pemanfaatan teknologi informasi di SMAK Harapan.

4. Bagi Pengembang Media/Peneliti Lain: Menjadi acuan metodologis dan dasar konseptual dalam merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi bahan ajar digital interaktif berbasis pemecahan masalah dan kolaborasi pada mata pelajaran lain maupun di jenjang pendidikan yang berbeda.

1.7 Spesifikasi Pengembangan

Produk yang dihasilkan dalam penelitian pengembangan ini berupa bahan ajar digital interaktif yaitu E-Modul Fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) yang terintegrasi dengan simulasi virtual *PhET Interactive Simulations* pada materi Gerak Parabola untuk peserta didik kelas XI SMAK Harapan. Spesifikasi produk dikembangkan dengan karakteristik dan pemetaan pedagogis sebagai berikut:

1.7.1 Nama Produk

Nama produk yang dikembangkan adalah “*CoLearn Physics (Collaborative Learning Physics)*”, yaitu E-Modul Fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* untuk peserta didik kelas XI SMAK Harapan. Penamaan ini merefleksikan karakter utama produk yang mengintegrasikan pembelajaran kolaboratif dan pemecahan masalah sebagai inti proses belajar fisika.

1.7.2 Konten Produk

Sistematika E-Modul disusun secara terstruktur yang mencakup: (1) halaman sampul (*cover*), (2) prakata, (3) daftar isi interaktif, (4) glosarium, (5) petunjuk penggunaan *CoLearn Physics*, (6) peta konsep visual, (7) pendahuluan (identitas modul, capaian pembelajaran, dan tujuan pembelajaran operasional), (8) kegiatan belajar I dan II yang memuat permasalahan nyata, panduan diskusi

kolaboratif, eksperimen virtual PhET, serta refleksi pembelajaran, (9) tes formatif interaktif, (10) daftar pustaka, serta (11) profil pengembang.

1.7.3 Pemetaan Fitur, Sintaks PBCL, dan Landasan Teoretis

Untuk memastikan keunikan dan kualitas desain instruksional produk, hubungan antara sintaks PBCL, fitur pada E-Modul *CoLearn Physics*, dan landasan teoretis disajikan pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1 Pemetaan Sintaks PBCL, Fitur E-Modul, dan Landasan Teoretis

Sintaks PBCL	Fitur pada E-Modul "CoLearn Physics"	Landasan Teoretis Rujukan
<i>Problem Orientation</i>	Video fenomena nyata (<i>YouTube</i>) dan penyajian narasi kasus Gerak Parabola dalam kehidupan sehari-hari.	<i>Problem-Based Learning & Konstruktivisme Kognitif (Piaget).</i>
<i>Organization</i>	Lembar Kerja Kolaboratif digital, panduan pembentukan kelompok heterogen, dan pembagian peran anggota.	<i>Social Constructivism (Vygotsky - Zone of Proximal Development).</i>
<i>Collaborative Problem-Solving</i>	Fitur <i>embed</i> simulasi virtual <i>PhET Interactive Simulations</i> dan panduan eksplorasi data eksperimen.	<i>Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer) & Dual Coding Theory.</i>
<i>Discussion & Presentation</i>	Forum diskusi kelompok, tautan pengumpulan karya digital, dan pedoman penyusunan argumentasi ilmiah.	<i>Collaborative Learning (Interaksi Multidireksional).</i>
<i>Evaluation & Reflection</i>	Tes formatif interaktif (<i>Google Form</i>) dengan umpan balik langsung dan lembar jurnal refleksi diri.	<i>Behaviorism (Reinforcement/Feedback) & Metakognisi.</i>

1.7.4 Karakteristik Produk

E-Modul *CoLearn Physics* dikembangkan dengan memiliki karakteristik spesifik yang membedakannya dari modul konvensional maupun bahan ajar digital lainnya, yaitu:

1. Integratif dan Interaktif (*Self-Contained & Interactive*): Menyajikan materi Gerak Parabola yang terintegrasi secara langsung dengan media eksplorasi simulasi virtual *PhET Interactive Simulations*, video pembelajaran pendukung dari *YouTube*, serta lembar kerja digital.
2. Berbasis Sintaks PBCL (*Pedagogically Driven*): Setiap aktivitas belajar di dalam E-Modul dirancang secara sistematis mengikuti langkah-langkah *Problem-Based Collaborative Learning*, mulai dari penyajian masalah nyata, pengorganisasian kelompok, penyelidikan kolaboratif, presentasi, hingga refleksi.
3. Pengelolaan Beban Kognitif (*Cognitive-Load Friendly*): Mengaplikasikan prinsip-prinsip *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) melalui kombinasi teks, ilustrasi visual dinamis, serta navigasi interaktif pada platform *Heyzine* guna membantu visualisasi konsep abstrak tanpa membebani memori kerja peserta didik.
4. Aksesibilitas dan Fleksibilitas (*User-Friendly*): Produk dikemas dalam bentuk *flipbook* digital yang sangat practical dan portabel, dapat diakses kapan saja dan di mana saja melalui berbagai perangkat (*smartphone*, tablet, maupun komputer) menggunakan tautan (*link*) atau pemindaian kode QR (*QR code*).
5. Evaluasi dan Umpan Balik Berkelanjutan (*Immediate Feedback*): Dilengkapi dengan kuis formatif terintegrasi *Google Form* serta jurnal refleksi diri untuk memberikan penguatan (*reinforcement*) dan mengukur perkembangan sikap ilmiah serta penguasaan konsep peserta didik secara mandiri.

1.7.5 Diagram Konseptual Produk Pengembangan

Diagram konseptual produk pengembangan disajikan dalam bentuk bagan alur yang menggambarkan keterkaitan antara analisis kebutuhan instruksional, kerangka teori, proses pengembangan ADDIE, hingga dampak efektivitas produk.



Gambar 1.1 Diagram Konseptual Produk Pengembangan

Diagram konseptual produk pengembangan pada Gambar 1.1 memperlihatkan alur berpikir dan keterkaitan sistemik dalam penelitian ini secara eksplisit. Alur konseptual diawali dari identifikasi permasalahan nyata pembelajaran fisika di SMAK Harapan, seperti rendahnya literasi sains, pembelajaran konvensional yang berpusat pada guru (*teacher-centered*), serta keterbatasan waktu dan sarana laboratorium nyata. Permasalahan tersebut kemudian dianalisis melalui analisis kebutuhan instruksional dan dibedah berdasarkan lima kawasan Teknologi Pendidikan (desain, pengembangan, pemanfaatan, pengelolaan, dan evaluasi) serta kajian teori relevan (Konstruktivisme Vygotsky, *Cognitive Theory of Multimedia Learning* Mayer, dan *Operant Conditioning* Skinner).

Berdasarkan penajaman *research gap* (*empirical, methodological, contextual, dan theoretical gap*), dirancanglah solusi instruksional berupa E-Modul Fisika "*CoLearn Physics*". E-Modul ini secara sistematis mengintegrasikan strategi *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) sebagai kerangka pedagogis dan simulasi virtual PhET sebagai alat visualisasi kognitif dinamis. Seluruh proses pengembangannya dikawal menggunakan kerangka desain instruksional ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Produk awal selanjutnya diuji untuk membuktikan tingkat validitas (melalui *expert judgment*) dan kepraktisan (melalui uji pengguna guru dan siswa). Pada tahap akhir, E-Modul diuji efektivitasnya untuk melihat dampaknya terhadap peningkatan sikap ilmiah dan prestasi belajar fisika peserta didik, yang pada akhirnya memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan ilmu Teknologi Pendidikan.

1.8 Asumsi Pengembangan

1.8.1 Asumsi Pengembang

Pengembangan E-Modul Fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) terintegrasi simulasi virtual *PhET Interactive Simulations* ini didasarkan pada beberapa asumsi dasar akademik dan teknis. Pertama, para ahli (*expert evaluators*) yang terlibat dalam proses validasi produk mencakup ahli isi/materi, ahli media pembelajaran, dan ahli desain instruksional diasumsikan memiliki kualifikasi akademik, kompetensi, dan pengalaman yang memadai di bidangnya, sehingga penilaian dan masukan yang diberikan bersifat objektif, valid, serta dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Kedua, dari aspek infrastruktur dan literasi digital, pihak sekolah (SMAK Harapan), pendidik, serta peserta didik diasumsikan telah memiliki serta mampu mengoperasikan perangkat keras (*hardware*) seperti *smartphone*, tablet, atau komputer yang terhubung dengan jaringan internet guna mengakses E-Modul berbasis *flipbook* digital dan simulasi PhET tanpa kendala teknis yang berarti.

Asumsi berikutnya berkaitan dengan karakteristik desain instruksional dan partisipasi subjek penelitian. E-Modul "*CoLearn Physics*" yang dirancang berdasarkan sintaks PBCL dan prinsip *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) diasumsikan mampu menyajikan materi Gerak Parabola secara visual, kontekstual, dan interaktif, sehingga efektif dalam mengelola beban kognitif (*cognitive load*) peserta didik. Selain itu, peserta didik kelas XI SMAK Harapan yang menjadi subjek uji coba diasumsikan mengikuti seluruh alur pembelajaran secara sungguh-sungguh, berpartisipasi aktif dalam diskusi kelompok, serta

mengisi instrumen evaluasi (angket sikap ilmiah dan tes prestasi belajar) secara jujur dan objektif sesuai kondisi yang sebenarnya.

1.8.2 Keterbatasan Pengembangan

Pengembangan E-Modul Fisika berbasis *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL) terintegrasi simulasi virtual PhET ini tidak terlepas dari beberapa keterbatasan akademik dan teknis. Pertama, dari aspek materi dan subjek, ruang lingkup pengembangan dibatasi hanya pada materi Gerak Parabola kelas XI Fase F Kurikulum Merdeka di SMAK Harapan Denpasar dengan desain uji coba *One-Group Pretest-Posttest Design*. Keterbatasan ini menyebabkan prinsip desain maupun hasil efektivitas produk tidak dapat secara langsung digeneralisasikan pada materi fisika lain atau pada sekolah dengan karakteristik lingkungan belajar yang berbeda. Kedua, dari aspek teknis dan pengukuran, pengoperasian E-Modul berbasis *flipbook* interaktif ini sangat bergantung pada ketersediaan gawai serta stabilitas jaringan internet (*online access*) peserta didik. Selain itu, pengukuran ranah afektif berupa sikap ilmiah dibatasi pada instrumen angket dan jurnal refleksi diri yang berpotensi memunculkan *social desirability bias*, meskipun telah diminimalkan melalui observasi proses diskusi kolaboratif di kelas.

1.9 Penjelasan Istilah

Untuk menghindari kesalahpahaman penafsiran terhadap istilah-istilah utama yang digunakan dalam penelitian ini, berikut dipaparkan penjelasan istilah yang mencakup batas konseptual berdasarkan literatur utama beserta batas operasionalnya dalam penelitian ini:

1. Penelitian Pengembangan (*Research and Development*)

Penelitian pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan secara sistematis untuk merancang, menguji, mengevaluasi, dan menyempurnakan suatu produk instruksional atau media pembelajaran sehingga memenuhi standar validitas, kepraktisan, dan efektivitas (Richey & Klein, 2007; Teguh & Jampel, 2017). Dalam penelitian ini, penelitian pengembangan dioperasionalkan sebagai proses merancang dan menghasilkan E-Modul Fisika “*CoLearn Physics*” pada materi Gerak Parabola menggunakan model desain instruksional ADDIE yang divalidasi oleh para ahli, diuji kepraktisannya oleh guru dan peserta didik, serta diuji efektivitasnya di kelas XI SMAK Harapan Denpasar.

2. E-Modul (*Electronic Module*)

E-Modul adalah bahan ajar mandiri berbentuk digital yang disusun secara terstruktur dan mengintegrasikan elemen multimedia seperti teks, gambar, video, animasi, serta fitur interaktif guna memfasilitasi pengalaman belajar yang fleksibel dan mandiri (Priyanthi et al., 2017; Elvarita et al., 2020). Dalam penelitian ini, E-Modul dioperasionalkan sebagai media pembelajaran digital fisika berbasis *flipbook* interaktif yang dikembangkan melalui platform *Heyzine*, yang memuat materi Gerak Parabola, video fenomena, simulasi virtual PhET, serta kuis evaluasi terintegrasi *Google Form*.

3. *Problem-Based Collaborative Learning* (PBCL)

Problem-Based Collaborative Learning (PBCL) merupakan model pembelajaran hibrida yang memadukan investigasi masalah nyata dari *Problem-Based Learning* dengan struktur kerja sama kelompok dari *Collaborative Learning* untuk membangun pengetahuan bersama dan mengasah keterampilan berpikir kritis

(Davidson & Major, 2014; Hendarwati et al., 2021). Dalam penelitian ini, PBCL dioperasionalkan sebagai kerangka pedagogis yang diintegrasikan ke dalam aktivitas E-Modul melalui lima tahapan sintaks: orientasi masalah, pengorganisasian kelompok, pemecahan masalah kolaboratif berbasis simulasi PhET, diskusi dan presentasi, serta evaluasi dan refleksi.

4. Simulasi Virtual PhET *Interactive Simulations*

Simulasi virtual PhET merupakan media pembelajaran berbasis komputer interaktif yang dirancang untuk memvisualisasikan fenomena sains abstrak melalui eksperimen berbasis pemodelan dinamis yang dapat dimanipulasi secara mandiri oleh pengguna (Wieman et al., 2008; Perkins et al., 2006). Dalam penelitian ini, simulasi PhET dioperasionalkan sebagai fitur eksperimen virtual tersemat (*embedded feature*) pada materi Gerak Parabola di dalam E-Modul yang digunakan peserta didik secara berpasangan/kelompok untuk mengeksplorasi variabel sudut elevasi, kecepatan awal, dan jarak tempuh.

5. Sikap Ilmiah (*Scientific Attitude*)

Sikap ilmiah adalah kecenderungan perilaku afektif peserta didik dalam merespons aktivitas sains yang mencakup dimensi rasa ingin tahu, objektivitas, kejujuran terhadap data, ketekunan, berpikir kritis, kerja sama, dan tanggung jawab (Harlen, 2001; Noviyanti & Suastra, 2023). Dalam penelitian ini, sikap ilmiah dioperasionalkan sebagai skor perkembangan ranah afektif peserta didik kelas XI SMAK Harapan yang diukur menggunakan angket sikap ilmiah berbasis skala Likert dan jurnal refleksi diri sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) pembelajaran.

6. Prestasi Belajar Fisika

Prestasi belajar adalah tingkat penguasaan kognitif yang dicapai peserta didik setelah melalui proses pembelajaran, yang mencakup kemampuan memahami, menerapkan, dan menganalisis konsep-konsep ilmiah (Bloom et al., 1956; Alsa et al., 2021). Dalam penelitian ini, prestasi belajar fisika dioperasionalkan sebagai skor penguasaan kognitif peserta didik pada materi Gerak Parabola (mencakup tingkat kedalaman kognitif C2 hingga C4) yang diukur menggunakan tes pilihan ganda berstruktur sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan E-Modul.

7. Gerak Parabola

Gerak Parabola adalah bentuk gerak dua dimensi dari suatu benda yang dilemparkan ke udara dengan sudut elevasi tertentu, di mana lintasannya berbentuk parabola sebagai hasil perpaduan antara Gerak Lurus Beraturan (GLB) pada sumbu horizontal dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) pada sumbu vertikal di bawah pengaruh percepatan gravitasi (Halliday, Resnick, & Walker, 2014; Tipler & Mosca, 2008). Dalam penelitian ini, Gerak Parabola dioperasionalkan sebagai batasan materi pokok fisika kelas XI Fase F Kurikulum Merdeka yang disajikan di dalam E-Modul *CoLearn Physics* sebagai objek pemecahan masalah dan eksperimen virtual PhET.