

BAB I

PENDAHULUAN

Pendahuluan adalah bagian awal dari laporan hasil penelitian yang menjelaskan konteks serta lingkup studi yang dilakukan. Penelitian ini memiliki judul “Pengembangan E-Modul *Complex problem solving* (CPS) untuk Meningkatkan Pemahaman Konseptual dan *Computational Thinking* (CT) pada Materi Pemanasan Global”. Bagian pendahuluan ini mencakup beberapa subbagian penting, yaitu latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, definisi operasional variabel, serta struktur organisasi penulisan tesis. Setiap subbagian tersebut akan dijelaskan secara terstruktur dan sistematis agar dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai arah dan fokus penelitian.

1.1. Latar Belakang Penelitian

Fisika adalah ilmu pengetahuan alam yang meliputi kumpulan pengetahuan, cara berpikir, dan metode penyelidikan, serta memiliki hubungan erat dengan teknologi dan masyarakat (Vidak dkk., 2024). Sebagai ilmu yang berbasis konsep, prinsip, dan teori, pembelajaran fisika menuntut peserta didik untuk memahami, menguasai, serta mengaitkan konsep-konsep fisika dengan fenomena sehari-hari (Weller dkk., 2021). Pemahaman konsep menjadi lebih diutamakan dibandingkan sekadar pencapaian nilai akademik, karena pemahaman yang baik memungkinkan penerapan ilmu pada pembelajaran, pemecahan masalah, dan berbagai kebutuhan (Kemendikbud, 2022).

Namun, hambatan seperti sulitnya mengaitkan pengetahuan awal dengan pengetahuan baru dan pandangan bahwa fisika adalah mata pelajaran yang rumit sering kali menjadi tantangan dalam pembelajaran (Wulandari dan Supiah, 2023). Kesulitan ini sebagian besar disebabkan oleh lemahnya pemahaman konsep fisika, yang diperparah dengan persepsi bahwa fisika melibatkan terlalu banyak rumus dan konsep abstrak (Bray dan Williams, 2020; Sandari, 2020). Berdasarkan penelitian sebelumnya, pemahaman konsep peserta didik masih tergolong rendah, meskipun

pada beberapa indikator tertentu menunjukkan capaian yang lebih baik (Suherly dkk., 2023).

Pemahaman konseptual adalah fondasi penting dalam pendidikan, terutama di tingkat menengah atas, karena memungkinkan peserta didik untuk memahami materi secara mendalam, mengaitkan berbagai konsep, serta mengaplikasikannya dalam konteks yang relevan. Pendidikan modern menekankan pentingnya peserta didik tidak hanya menghafal informasi, tetapi juga memahami dan menggunakan konsep tersebut untuk memecahkan masalah nyata (Anderson dan Krathwohl, 2010). Di era digital seperti saat ini, pemahaman konseptual menjadi lebih penting karena peserta didik perlu memiliki kemampuan berpikir kritis untuk menavigasi informasi yang kompleks dan sering kali abstrak (Hildawati dkk., 2024).

Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa peserta didik sering kesulitan memahami konsep secara mendalam, terutama dalam mata pelajaran yang bersifat abstrak seperti matematika dan sains. Hambatan ini sering kali muncul akibat metode pembelajaran yang tidak optimal, kurangnya penggunaan media interaktif, dan terbatasnya kesempatan peserta didik untuk berlatih menghubungkan teori dengan aplikasi praktis (Maulidia dkk., 2019; Suherly dkk., 2023). Salah satu solusi untuk mengatasi tantangan ini adalah dengan memanfaatkan teknologi digital dalam bentuk e-modul, yang dapat menghadirkan konten pembelajaran yang interaktif dan mendukung pemahaman konseptual peserta didik (Akmala, 2025).

Selain pemahaman konseptual, kemampuan peserta didik dalam CT juga menjadi salah satu keterampilan utama yang diperlukan di abad ke-21. CT merupakan proses berpikir logis untuk menyelesaikan masalah dengan pendekatan algoritmik, telah menjadi salah satu pendekatan inovatif dalam dunia pendidikan. CT tidak hanya berperan dalam pembelajaran teknologi informasi, tetapi juga relevan dalam pengajaran konsep-konsep dasar dalam sains, matematika, dan bidang lainnya (Wing, 2006). Pendekatan ini memberikan kerangka berpikir sistematis yang memungkinkan peserta didik untuk memahami masalah secara struktural dan menghasilkan solusi yang dapat diterapkan secara efektif. Integrasi CT ke dalam e-modul berbasis CPS memberikan keuntungan tambahan berupa

pelatihan peserta didik untuk berpikir analitis dan terstruktur (Minarti dkk., 2023; Yuliana dkk., 2024).

Pada tahun 2010, Dewan Riset Nasional dan pada tahun 2012, *Royal Society* menyatakan bahwa CT merupakan kompetensi yang dapat diterapkan dalam berbagai bidang. Kemampuan ini dianggap penting dalam masyarakat teknologi modern untuk mencapai keberhasilan dan meningkatkan minat pada teknologi informasi, sekaligus mendukung pengembangan disiplin ilmu lainnya (Yadav, 2020). Penelitian oleh (Yuliana dkk., 2024) bahkan mengusulkan CT sebagai keterampilan 'C kelima' dalam keterampilan abad ke-21, yang mencakup pemikiran kritis, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas.

Kesadaran akan pentingnya CT telah membuat banyak negara memasukkan keterampilan ini dalam kurikulum pendidikan. Inggris menjadi yang pertama melakukannya pada 2012, diikuti oleh beberapa negara Eropa lainnya pada 2016-2017 (Bocconi, dkk., 2016). Pada 2016, Presiden Obama meluncurkan program *Computer Science for All* untuk mendukung integrasi CT dalam kurikulum di Amerika (Zahid, 2020). Di Asia, beberapa negara juga mulai mengintegrasikan CT dalam kurikulum mereka dengan pendekatan yang berbeda. Korea, Jepang, Taiwan, Hong Kong, dan Cina mulai memasukkan materi pemrograman di sekolah dasar (Jeong, 2020). Singapura, misalnya, memperkenalkan program “*National Capability*” sebagai bagian dari transformasi menuju “*Smart Nation*” (Seow, 2019). Malaysia juga memulai langkah serupa pada tahun 2017 (Ling, 2018). Di Indonesia, CT diperkenalkan dalam pendidikan sebagai bagian dari kompetensi dasar mata pelajaran Informatika. Selain di pendidikan formal, Bebras Indonesia dan Tim Olimpiade Komputer Indonesia (TOKI) sejak 2016 menyelenggarakan kompetisi yang menekankan pemecahan masalah melalui CT (Zahid, 2020).

Pada 18 Februari 2020, dalam acara *Grow with Google*, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan menyatakan bahwa CT akan dimasukkan dalam kurikulum Indonesia dengan pendekatan pembelajaran yang lebih sederhana (Budiansyah, 2020). Kurikulum ini akan diterapkan di berbagai jenjang pendidikan untuk meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia. Meskipun kurikulum di Indonesia saat ini menerapkan keterampilan *computational thinking* dalam

pembelajaran TIK, namun keterampilan CT dapat dikembangkan dalam mata pelajaran lain salah satunya dapat diterapkan dalam pembelajaran fisika dimana kemampuan CT membangun keterampilan menyelesaikan masalah (*problem solving*), berpikir logis, sistematis, mengolah dan menggunakan data, serta kemampuan berpikir sistem (*system thinking*) yang juga dibutuhkan dalam pembelajaran fisika.

Meningkatkan keterampilan CT di abad ke-21, terutama dalam mata pelajaran fisika, adalah hal yang sangat penting (Grover dan Pea, 2013). CT merujuk pada pendekatan pemecahan masalah yang melibatkan pemahaman dan penerapan prinsip-prinsip komputer dalam berbagai konteks. Keterampilan ini mendukung kemampuan peserta didik untuk menganalisis dan menyelesaikan masalah dengan cara yang terstruktur dan sistematis (Sumarni dan Kumala, 2024). Dalam konteks fisika, keterampilan CT membantu peserta didik memecahkan masalah fisika yang kompleks menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana, memungkinkan peserta didik untuk menggunakan perangkat lunak dan alat simulasi untuk memodelkan fenomena fisika dan menguji hipotesis, serta meningkatkan kemampuan peserta didik dalam mengolah dan menganalisis data eksperimen dengan menggunakan teknik pemrograman dan algoritma (Putra dan Siregar, 2022)

Penelitian Grover dan Pea (2013) menunjukkan bahwa keterampilan CT sangat berharga di berbagai bidang, termasuk sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM). Pengembangan CT dapat meningkatkan pemahaman peserta didik tentang prinsip-prinsip sains dan matematika serta meningkatkan kemampuan mereka dalam memecahkan masalah. Selain itu menurut wing (2006) menggarisbawahi pentingnya CT sebagai keterampilan kunci di abad ke-21, yang harus dikembangkan di semua tingkat Pendidikan.

Namun kenyataannya berdasarkan penelusuran yang dilakukan penulis dari halaman web OECD mengenai hasil PISA 2022 menunjukkan bahwa keterampilan CT peserta didik Indonesia masih tergolong rendah. Dalam penilaian matematika, skor rata-rata peserta didik Indonesia adalah 366 poin, jauh di bawah rata-rata OECD yang mencapai 472 poin. Selain itu berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fadilah (2024) peserta didik dengan disposisi matematis tingkat rendah hanya

mampu memenuhi seluruh indikator berpikir komputasional dalam menyelesaikan masalah tipe C4. Berdasarkan Kurikulum Merdeka dan arahan Profil Pelajar Pancasila, pembelajaran fisika diharapkan tidak hanya menekankan pada aspek kognitif tetapi juga pada kemampuan menyelesaikan masalah kompleks berbasis konteks nyata (Kemdikbudristek, 2022). Hal ini menandakan bahwa kemampuan peserta didik dalam memodelkan situasi matematika dan menggunakan strategi penyelesaian masalah yang lebih kompleks, yang merupakan inti dari CT, masih memerlukan banyak peningkatan.

Berdasarkan data dari studi pendahuluan di salah satu SMA Negeri di Karawang pada aspek pemahaman konseptual rata-rata skor pada tujuh indikator yaitu menafsirkan, memberi contoh, mengklasifikasikan, meringkas, menarik inferensi, membandingkan, dan menjelaskan menunjukkan perbedaan tingkat pencapaian. Indikator menafsirkan memperoleh skor tertinggi yaitu 83,3, menunjukkan bahwa peserta didik relatif mampu memahami dan menafsirkan informasi baik ketika diberikan stimulus berupa teks atau fenomena tertentu. Namun, meskipun skor pada indikator ini tinggi, indikator lainnya seperti memberi contoh (55,6), mengklasifikasikan (52,8), menarik inferensi (52,8), membandingkan (51,4), dan menjelaskan (52,8) hanya berada di kategori sedang, sehingga menunjukkan adanya keterbatasan peserta didik dalam menghubungkan pengetahuan dengan konteks baru atau menguraikan hubungan antar konsep.

Selain itu, indikator meringkas memperoleh skor rata-rata 61,1, meskipun lebih tinggi daripada beberapa indikator lain, tetap menunjukkan kurang dalam merangkum informasi penting secara sistematis. Rendahnya capaian pada sebagian besar indikator menunjukkan bahwa pemahaman konseptual peserta didik masih perlu ditingkatkan, terutama dalam hal penerapan konsep dan penalaran mendalam. Kondisi ini kemungkinan dipengaruhi oleh metode pembelajaran yang masih dominan berbasis hafalan, kurang menerapkan pendekatan berbasis masalah, serta minimnya integrasi keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam kegiatan pembelajaran (Anderson dan Krathwohl 2010; Bloom, 1956).

Selanjutnya pada aspek CT, rata-rata kemampuan CT siswa yang mencakup empat indikator yaitu dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma

menunjukkan perbedaan tingkat pencapaian. Indikator dekomposisi mendapat skor tertinggi yaitu 80,6, yang menunjukkan kemampuan siswa dalam memecah masalah kompleks menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana sudah cukup baik. Namun, pencapaian ini belum mencerminkan secara utuh kemampuan CT yang sebenarnya karena pemecahan masalah yang baik memerlukan integrasi dari semua indikator tersebut. Indikator pengenalan pola berada dalam kategori sedang dengan skor 47,9, menunjukkan adanya keterbatasan dalam mengenali kesamaan, perbedaan, atau pola yang teratur. Kemampuan ini penting dalam proses generalisasi dan memprediksi solusi masalah. Sementara itu, indikator abstraksi dan algoritma mendapat skor terendah masing-masing sebesar 24,5 dan 17,4.

Hasil ini menunjukkan bahwa siswa masih kesulitan dalam menyaring informasi penting, menyederhanakan masalah, serta menyusun langkah-langkah penyelesaian masalah secara logis dan terstruktur. Rendahnya pencapaian pada kedua indikator tersebut menggambarkan kurangnya pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang merupakan inti dari CT. Secara keseluruhan, kemampuan CT siswa masih tergolong rendah, sehingga diperlukan intervensi pembelajaran yang lebih terarah, berbasis masalah, dan sesuai dengan konteks untuk meningkatkan seluruh indikator CT secara merata (Grover dan Pea, 2013; Wing, 2006).

Hasil wawancara dengan guru fisika menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang digunakan masih bersifat konvensional dan belum memfasilitasi keterlibatan aktif peserta didik dalam kegiatan pemecahan masalah autentik atau penggunaan teknologi dalam pembelajaran. Guru juga menyatakan perlunya bahan ajar digital yang dapat mengintegrasikan pengembangan pemahaman konseptual dan CT secara simultan. Sejalan dengan temuan tersebut, studi global seperti PISA (OECD, 2023) juga menunjukkan bahwa kemampuan peserta didik Indonesia dalam bidang sains dan pemecahan masalah kompleks masih berada di bawah rata-rata internasional.

Pemahaman konseptual dan berpikir komputasi saling melengkapi dalam pembelajaran fisika. Pemahaman konseptual memberikan dasar bagi peserta didik untuk mengerti prinsip-prinsip fisika, sementara CT menyediakan alat berpikir

yang membantu peserta didik menguraikan masalah fisika yang kompleks menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana. Sebagai contoh, peserta didik dapat menggunakan CT untuk memecahkan permasalahan yang kompleks menjadi sederhana. Dengan demikian, CT tidak hanya membantu peserta didik menguatkan konsep, tetapi juga memungkinkan mereka untuk memecahkan suatu persoalan secara terstruktur. Untuk melatih pemahaman konsep dan CT diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu melatih kedua keterampilan tersebut. Solusi alternatif yang dapat dilakukan untuk membantu peserta didik dalam memahami konsep-konsep adalah melalui penerapan model pembelajaran yang memfasilitasi peserta didik untuk mengubah pemahaman yang tidak tepat menjadi sesuai dengan kaidah ilmiah (Suherly dkk., 2023).

Pengembangan e-modul berbasis CPS yang terintegrasi dengan pendekatan CT adalah langkah strategis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di tingkat SMA. CPS melibatkan kemampuan peserta didik untuk mengidentifikasi masalah, menganalisis komponen, dan menemukan solusi melalui pendekatan logis dan sistematis (Jonassen, 2004). Kemampuan ini tidak hanya relevan untuk menyelesaikan permasalahan akademik, tetapi juga untuk menghadapi tantangan dunia nyata yang sering kali bersifat kompleks dan memerlukan kerja sama antarbidang. Dalam konteks ini, pengembangan media pembelajaran yang melatih CPS menjadi prioritas utama dalam sistem pendidikan modern (Eichmann dkk., 2020). E-modul ini dapat dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang adaptif dan interaktif, memanfaatkan teknologi untuk menghadirkan simulasi, latihan, dan umpan balik yang dapat meningkatkan pemahaman peserta didik. Selain itu, modul ini dapat melatih peserta didik dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk analisis, sintesis, dan evaluasi, yang sangat diperlukan dalam menghadapi tuntutan zaman (Latifah dkk., 2020).

Saat ini, modul yang digunakan oleh guru sering kali masih bersifat konvensional atau berbentuk cetak, sehingga terbatas dalam menyediakan pengalaman belajar yang interaktif dan tidak sepenuhnya mendukung keterampilan pemahaman konseptual dan CT peserta didik. Banyak modul yang ada kurang memanfaatkan media interaktif atau elemen digital yang dapat merangsang

keterampilan analitis dan *problem-solving* peserta didik dalam konteks digital (Fakihah, 2024). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa modul cetak tradisional atau e-modul dengan struktur yang minim interaksi tidak secara efektif mendorong keterampilan digital dan komputasi yang penting bagi peserta didik di era teknologi saat ini (Risdalina, 2024).

Selain itu, guru yang ingin berinovasi seringkali menghadapi tantangan dalam keterbatasan dukungan teknologi dan pelatihan untuk menggunakan e-modul yang lebih interaktif dan terstruktur sesuai model pembelajaran modern (Nurul dkk, 2023). Hal ini menunjukkan perlunya pengembangan modul berbasis digital yang terintegrasi dengan pendekatan pembelajaran berbasis *complex problem* untuk mengasah keterampilan kritis peserta didik dalam pemahaman materi sains, termasuk fisika dan isu-isu kontemporer seperti pemanasan global.

E-Modul dalam penelitian ini didasari oleh teori (Mayer, 2003) dalam “*Cognitive Theory of Multimedia Learning*” tentang pembelajaran melalui multimedia dengan menggunakan berbagai media dalam E-Modul. E-Modul yang dirancang dengan baik memadukan teks, gambar, audio, dan video secara efektif untuk mendukung pembelajaran yang interaktif. E-Modul ini dapat menyajikan materi fisika dengan cara yang lebih interaktif dan kontekstual, sehingga memudahkan peserta didik dalam memahami konsep-konsep tersebut dan menerapkannya dalam pemecahan masalah.

Dengan memanfaatkan teknologi sebagai alat pendukung, E-Modul dapat memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan menyenangkan bagi peserta didik. Hal ini membantu menciptakan lingkungan belajar yang mendorong eksplorasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah secara mandiri (Hadira dkk., 2024). Dalam pendidikan fisika, pemecahan masalah sering kali melibatkan penggunaan alat komputasi untuk menganalisis data dan memodelkan fenomena alam. Oleh karena itu, pengembangan E-Modul CPS akan membantu peserta didik melatih keterampilan pemahaman konseptual dan CT melalui latihan-latihan yang berkaitan dengan konteks fisika salah satunya pemanasan global.

Salah satu isu global yang menjadi perhatian utama dalam kajian ilmiah dan kebijakan saat ini adalah pemanasan global, yang telah menimbulkan dampak serius

terhadap lingkungan dan kehidupan manusia. Pemanasan global adalah fenomena peningkatan suhu rata-rata Bumi yang disebabkan oleh akumulasi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO_2) dan metana, yang memerangkap radiasi panas di atmosfer (Nasution, 2019). Dampaknya terlihat dalam perubahan iklim yang signifikan, seperti cuaca ekstrem, mencairnya es kutub, dan naiknya permukaan laut, yang mengancam kelestarian ekosistem dan keberlanjutan hidup manusia (Breslyn dan McGinnis, 2019). Dalam konteks pendidikan fisika, pemanasan global menawarkan peluang untuk mengaplikasikan konsep-konsep seperti termodinamika dan hukum-hukum energi, yang dapat membantu peserta didik memahami proses ilmiah di balik perubahan iklim (Arifa, 2023). Dengan menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*) yang kompleks, peserta didik dapat meningkatkan pemahaman konsep serta keterampilan CT untuk menganalisis data iklim, membuat prediksi, dan mengevaluasi solusi berbasis data, menjadikan topik ini tidak hanya relevan secara ilmiah tetapi juga sebagai latihan berpikir kritis dalam menghadapi isu global terkini.

Berdasarkan fenomena tersebut penting dilakukan penelitian ini guna mengembangkan suatu bahan ajar yang dapat menunjang serta memberikan solusi terkait permasalahan tersebut yaitu dengan mengembangkan E-modul *complex problem solving* untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan CT fisika peserta didik pada materi pemanasan global.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana pengembangan e-modul *Complex problem solving* (CPS) yang berorientasi pada peningkatan pemahaman konseptual dan CT peserta didik SMA/MA pada materi pemanasan global dapat dinyatakan layak dan efektif untuk digunakan dalam pembelajaran fisika?”. Untuk membuat langkah penelitian menjadi jelas dan terarah, rumusan masalah dijabarkan menjadi beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut.

Berikut pertanyaan penelitian yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini diantaranya:

Farika Nurfalih, 2025

PENGEMBANGAN E-MODUL COMPLEX PROBLEM SOLVING (CPS) UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEPTUAL DAN COMPUTATIONAL THINKING PADA MATERI PEMANASAN GLOBAL
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- 1.2.1 Bagaimana kelayakan e-modul *complex problem solving* berorientasi peningkatan pemahaman konseptual dan CT peserta didik SMA/MA pada materi pemanasan global?
- 1.2.2 Bagaimana efektivitas e-modul CPS dalam meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik pada materi pemanasan global?
- 1.2.3 Bagaimana efektivitas e-modul CPS dalam meningkatkan CT peserta didik pada materi pemanasan global?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah menghasilkan e-modul berbasis *complex problem solving* yang layak, valid, dan efektif untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan CT peserta didik SMA pada materi pemanasan global.

1.4. Definisi Operasional

Definisi operasional variabel adalah uraian yang menjelaskan secara rinci variabel yang akan diteliti, sehingga variabel tersebut dapat dipahami dan diukur secara lebih spesifik sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam konteks ini, variabel penelitian mencakup aspek-aspek yang telah ditetapkan berdasarkan fokus dan ruang lingkup penelitian, sehingga memudahkan peneliti dalam mengidentifikasi indikator dan instrumen yang digunakan.

1.4.1. E-Modul *complex problem solving*.

E-Modul *Complex Problem Solving* (CPS) adalah modul digital berbasis website (*Live Worksheets*) yang secara khusus dirancang untuk menghadirkan permasalahan kompleks, kontekstual, dan tidak terstruktur dalam materi pemanasan global. Permasalahan yang dimuat menuntut peserta didik melakukan identifikasi variabel, analisis hubungan antar konsep, perumusan hipotesis, hingga pencarian solusi yang rasional dan aplikatif. CPS menekankan kemampuan berpikir kritis dan adaptif dalam menghadapi masalah dinamis yang melibatkan banyak variabel. Modul ini mengintegrasikan teks, gambar, video pembelajaran, dan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) interaktif berbasis online yang memungkinkan siswa terlibat aktif dalam proses eksplorasi, diskusi, dan refleksi. Karakteristik

utama e-modul CPS terletak pada penyajiannya yang tidak hanya memberikan informasi, tetapi juga memfasilitasi proses berpikir tingkat tinggi melalui aktivitas *problem solving* bertahap, seperti memahami masalah, merancang strategi, menguji alternatif solusi, serta melakukan evaluasi hasil. Dengan demikian, e-modul ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan mengembangkan kemampuan CT peserta didik. Pengembangan e-modul mengikuti model ADDIE, sedangkan aspek kelayakannya diukur melalui validitas konten dan media oleh pakar serta uji keterbacaan pada peserta didik. Validitas dianalisis menggunakan pendekatan Rasch Model, sementara keterbacaan dikategorikan ke dalam tinggi, sedang, dan rendah. E-modul yang telah teruji dan valid kemudian dapat digunakan dalam pembelajaran guna menguatkan pemahaman konseptual dan melatih CT peserta didik pada materi pemanasan global.

1.4.2. Pemahaman konseptual

Pemahaman konseptual adalah kemampuan seseorang untuk memahami makna dan hubungan antar konsep secara mendalam, sehingga tidak hanya menghafal informasi, tetapi mampu menjelaskan, mengaitkan, dan menerapkan konsep tersebut dalam berbagai konteks. Pemahaman ini memungkinkan peserta didik untuk berpikir kritis, memecahkan masalah, serta membangun pengetahuan baru berdasarkan struktur konsep yang telah dikuasai. Dalam konteks penelitian, pemahaman konsep mengacu pada Anderson dan Krathwohl (2010) yaitu (*interpreting*), (*exemplifying*), (*classifying*), (*summarizing*), (*inferring*), (*comparing*), dan (*explaining*). Pemahaman konseptual peserta didik diukur melalui tes pemahaman konseptual berbentuk soal pilihan ganda yang berkaitan dengan topik pemanasan global. Instrumen divalidasi oleh para ahli dan diujicobakan kepada peserta didik yang kemudian dianalisis dengan menggunakan *rasch model*. Proses evaluasi dilakukan dengan membandingkan skor *pretest* dan *posttest* untuk mengukur peningkatan, dengan menggunakan instrumen yang telah teruji validitas dan reliabilitasnya. Untuk mengetahui peningkatan pemahaman konseptual peserta didik, digunakan perhitungan uji hipotesis, nilai *n-change* serta *effect size*.

1.4.3. *Computational Thinking*.

Computational Thinking (CT) adalah proses berpikir sistematis yang digunakan untuk memecahkan masalah kompleks dengan cara yang dapat diotomatisasi, seperti yang dilakukan oleh komputer. Adapun indikator CT dalam penelitian ini di antaranya penguraian (*decomposition*), pengenalan pola (*pattern recognition*), abstraksi (*abstraction*), dan algoritma (*algorithm*). *Computational Thinking* peserta didik diukur melalui tes yang berbentuk soal pilihan uraian terkait topik pemanasan global. Soal-soal tersebut telah divalidasi oleh para ahli dan diujicobakan kepada siswa, lalu dianalisis menggunakan model rasch. Penilaian dilakukan dengan membandingkan skor tes sebelum dan setelah pembelajaran, yaitu *pretest* dan *posttest*, guna mengukur CT peserta didik. Tes yang digunakan sudah teruji memiliki validitas dan reliabilitas yang baik. Untuk mengetahui peningkatan pemahaman konseptual siswa, dilakukan perhitungan uji hipotesis, nilai *n-change*, serta *effect size*.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yang dapat dilihat dari dua sudut pandang, yaitu manfaat secara teoritis dan secara praktis, yang dijabarkan sebagai berikut.

1. Manfaat Teoretis

Penelitian ini berkontribusi dalam memperluas wawasan di bidang pendidikan, khususnya terkait efektivitas penerapan pendekatan *complex problem solving* dalam meningkatkan pemahaman konseptual dan CT peserta didik pada materi fisika, terutama topik pemanasan global. Kehadiran e-modul ini diharapkan dapat memperkaya literatur mengenai strategi pembelajaran inovatif yang selaras dengan tuntutan abad ke-21. Selain itu, temuan penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi pada pengembangan teori pendidikan berbasis teknologi yang mendukung pembelajaran aktif dan partisipatif.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan menjadi solusi nyata bagi guru fisika dalam meningkatkan mutu pembelajaran melalui pemanfaatan e-modul *berbasis complex problem solving*. E-modul ini dirancang untuk membantu peserta didik memahami konsep-konsep penting terkait pemanasan global secara mandiri dan mendalam, sehingga mampu mempersiapkan mereka menghadapi tantangan nyata di lingkungan. Lebih jauh, e-modul ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan ajar yang interaktif dan efektif, yang tidak hanya meningkatkan minat belajar peserta didik terhadap fisika, tetapi juga mendorong keterampilan pemahaman konseptual dan CT dalam pembelajaran yang relevan dengan kehidupan sehari-hari.