

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Penelitian**

Lucas dalam Nugraha (2019) menyatakan bahwa pendidikan memiliki peran yang sangat penting untuk mengembangkan berbagai aspek kehidupan. Hal tersebut dikarenakan pendidikan merujuk pada proses yang dilakukan secara sadar dan terencana untuk mengoptimalkan potensi manusia. Pendidikan menjadi salah satu bidang yang mengalami perubahan akibat ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang semakin berkembang. Salah satu faktor yang memengaruhi kemajuan IPTEK adalah revolusi industri 4.0 (Nugraha, 2019).

Prasetyo & Sutopo (2018) menjelaskan bahwa revolusi industri 4.0 adalah era di mana informasi dapat diakses dengan sangat mudah dan terhubung tanpa dibatasi oleh tempat dan waktu. Era ini juga ditandai oleh pemanfaatan teknologi untuk mengoptimalkan berbagai aktivitas. Revolusi industri 4.0 membawa pengaruh besar pada berbagai aspek kehidupan, termasuk pendidikan. Kunci utama dalam revolusi industri 4.0 adalah kemajuan teknologi dan digitalisasi, yang mana hal tersebut memengaruhi cara peserta didik belajar dan mengembangkan keterampilannya (Alimuddin *et al.*, 2023).

Penggunaan teknologi dalam pendidikan dapat meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan kualitas pembelajaran. Melalui teknologi, peserta didik memiliki peluang untuk mengasah keterampilan yang diperlukan dalam menghadapi tantangan masa kini ataupun masa yang akan datang (Alimuddin *et al.*, 2023). Namun, nyatanya teknologi bukan menjadi satu-satunya jawaban untuk semua tantangan, karena di balik banyaknya dampak positif yang diperoleh, teknologi memunculkan juga tantangan baru yang perlu diatasi. Hal ini berkaitan juga dengan hadirnya era Society 5.0 yang dicetuskan untuk mengantisipasi gejolak disrupsi revolusi 4.0 yang dikhawatirkan dapat menggerus nilai karakter kemanusiaan yang sebelumnya telah ada karena munculnya budaya instan (Salsabila *et al.*, 2024).

Pada era Society 5.0, dilakukan penekanan pengintegrasian berbagai inovasi teknologi yang lahir pada era revolusi industri 4.0 dalam kehidupan sehari-hari masyarakat secara menyeluruh. Hal tersebut bertujuan untuk mempertahankan nilai

karakter dan moral yang dapat membuahkan penyelesaian berbagai tantangan dan permasalahan sosial serta peningkatan kualitas hidup manusia (Muhtadin *et al.*, 2023). Memasuki masa transisi revolusi industri 4.0 menuju Society 5.0, pendidikan tidak hanya menjadi bagian yang terpengaruhi akibat adanya perubahan ini, tetapi juga mengambil peranan penting dalam mempersiapkan individu untuk beradaptasi. Dalam konteks ini, pendidikan tidak hanya berperan dalam transfer pengetahuan, melainkan juga harus mengarahkan pada pengembangan keterampilan non-teknis, seperti keterampilan berpikir kritis dan kreativitas. Keterampilan-keterampilan tersebut sangat penting untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan dunia yang semakin kompleks (Alimuddin *et al.*, 2023).

Keterampilan berpikir kritis dan kreativitas dapat meningkat beriringan dengan meningkatnya kemampuan literasi sains. Literasi sains mencakup kemampuan dalam mengidentifikasi pertanyaan, membangun pengetahuan baru, memberikan penjelasan secara ilmiah, mengambil kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah, dan mengembangkan pola pikir reflektif melalui penerapan pengetahuan yang dimiliki. Dengan literasi sains yang baik, seseorang mampu mengambil bagian dalam menangani isu-isu dan gagasan terkait sains yang mengharuskannya untuk berpikir kritis dan kreatif (OECD, 2023a).

Berdasarkan hasil studi *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2022 yang diselenggarakan *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), diketahui bahwa Indonesia memperoleh hasil yang lebih rendah dari skor rata-rata. Pengukuran PISA bertujuan untuk mengevaluasi sistem pendidikan melalui pengukuran kinerja peserta didik, terutama pada tiga bidang utama, yaitu matematika, sains, dan membaca. Berfokus pada literasi sains, diperoleh bahwa skor peserta didik Indonesia adalah 383 dari skor rata-rata 485. Skor yang diperoleh Indonesia dalam literasi sains ini mengalami penurunan dari skor yang diperoleh pada tahun 2018, yang mana skor Indonesia turun sebanyak 13 poin dari skor sebelumnya (OECD, 2023a). Jika dilihat dari hasil tersebut, maka dapat dikatakan bahwa literasi sains peserta didik di Indonesia masih rendah.

Rendahnya literasi sains bukan sekadar angka statistik, melainkan cerminan dari tantangan yang lebih besar. Literasi sains yang rendah seringkali dikaitkan dengan identitas sains yang juga merupakan salah satu aspek literasi sains dalam PISA. Identitas sains mencakup sikap dan nilai yang dimiliki individu terhadap sains, termasuk kesadaran akan dampak sains untuk masyarakat dan lingkungan, serta penghargaan dan keinginan untuk terlibat dalam karya atau kegiatan sains (OECD, 2023b). Sikap dan nilai tersebut dapat dikatakan juga sebagai fondasi untuk membangun literasi sains yang kuat, karena berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Childers & Jones (2017), identitas sains yang baik dapat memberikan dorongan belajar sains yang tinggi dan kemampuan sains yang baik, sehingga dalam hal ini literasi sains juga dapat berkembang seiring dengan berkembangnya identitas sains yang dimiliki.

Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengembangkan identitas sains adalah membenahan pendidikan, yang dilakukan melalui perbaikan kurikulum. Kurikulum 2013 dan Kurikulum Merdeka adalah bentuk upaya membenahan pendidikan di Indonesia yang bertujuan untuk mengembangkan literasi peserta didik, termasuk mengintegrasikan juga upaya mengembangkan identitas sains, meskipun tidak secara eksplisit. Dalam kurikulum 2013, pembelajaran sains diarahkan untuk dilakukan melalui pengenalan metode ilmiah dan integrasi sains dalam konteks kehidupan sehari-hari, yang mana melalui hal tersebut peserta didik diharapkan akan merasa lebih dekat dengan sains dan memiliki identitas sains yang baik (Situmorang, 2016).

Adapun Kurikulum Merdeka yang diterapkan sebagai bentuk penyempurnaan Kurikulum 2013, yang mana Kurikulum Merdeka ini dibuat lebih sederhana, mendalam, dan fleksibel dibanding Kurikulum 2013. Kurikulum Merdeka berfokus utama pada pengembangan karakter dan kompetensi dengan penyesuaian pembelajaran berdasarkan kondisi dan kebutuhan peserta didik melalui pembelajaran yang lebih inklusif, beragam, dan relevan dengan konteks lokal. Oleh karena itu, Kurikulum Merdeka juga berperan penting dalam mengembangkan identitas sains peserta didik di Indonesia (Gumilar *et al.*, 2023).

Beriringan dengan kurikulum yang ditetapkan, terdapat beberapa hal yang juga diperlukan untuk menunjang pengembangan identitas sains peserta didik, salah satunya adalah bahan ajar. Bahan ajar adalah segala macam bahan yang disiapkan atau digunakan oleh guru untuk membantu proses pembelajaran. Bahan ajar yang digunakan harus memiliki sifat yang sederhana agar mudah dipahami oleh peserta didik, baik dalam segi pembahasan materi maupun gambar yang ditampilkan. Bahan ajar juga harus memiliki daya tarik untuk meningkatkan antusias peserta didik dalam pembelajaran (Hartini *et al.*, 2017). Berkaitan dengan hal tersebut, Subayuni & Nugroho (2018) menyatakan bahwa bahan ajar yang dapat mengembangkan setiap aspek literasi sains peserta didik adalah modul. Modul setidaknya memiliki karakteristik *self-instructional*, *self-contained*, *stand alone*, *adaptive*, dan *user friendly* sehingga dapat menunjang pencapaian kompetensi dan identitas sains meskipun tanpa pendampingan penggunaan.

Namun, pada kenyataannya saat ini ketersediaan modul—khususnya untuk mengembangkan identitas sains peserta didik—masih terbilang minim. Salah satu penyebabnya adalah sumber belajar yang digunakan di sekolah masih didominasi oleh buku ajar atau teks cetak (Fuadi *et al.*, 2020). Adapun modul yang tersedia umumnya dibuat dalam bentuk cetak. Modul cetak dinilai kurang menarik dan terkesan monoton karena hanya memuat teks dan gambar yang statis. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan modul yang dilengkapi dengan fitur yang interaktif, seperti e-modul (modul elektronik) yang memanfaatkan fitur multimedia seperti audio, video, animasi, dan/atau simulasi. E-modul dapat dirancang lebih kontekstual, adaptif, dan personal sesuai gaya belajar peserta didik. Selain itu, e-modul memungkinkan adanya interaksi dan umpan balik yang lebih baik. Dengan keunggulan tersebut, e-modul dinilai lebih efektif dalam mendukung pencapaian tujuan pembelajaran, termasuk dalam pengembangan identitas sains peserta didik (Sidiq & Najuah, 2020).

Dalam penyusunan e-modul yang menjadi penunjang pengembangan identitas sains, diperlukan juga penerapan *Education for Sustainable Development* (ESD). ESD berkaitan dengan agenda global 2030 yang mencakup 17 tujuan pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang merupakan hasil

kesepakatan Perserikatan Bangsa-bangsa (PBB) pada tahun 2015 (UNESCO, 2018). Menurut Hoffman & Siege dalam Mulyadi *et al.* (2023), ESD mencakup proses pendidikan yang bertujuan membentuk individu agar mampu berperan aktif dalam pembangunan berkelanjutan, dengan mempertimbangkan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan dalam setiap tindakan yang diambil.

Penerapan prinsip pembangunan berkelanjutan dalam bahan ajar memiliki pengaruh terhadap identitas sains peserta didik. Hal ini dibuktikan oleh salah satu penelitian yang dilakukan oleh Ekantini & Wilujeng (2018), yang mana pada penelitian ini dilakukan pengembangan dan penerapan bahan ajar berupa Lembar Kerja Siswa (LKS) yang berbasis *Education for Environmental Sustainable Development* (EESD). EESD merupakan bagian dari ESD. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peserta didik yang menggunakan LKS berbasis EESD memiliki pemahaman terhadap konteks yang lebih baik dan menunjukkan keinginan untuk berperan aktif dalam menjaga lingkungan, yang mana dapat dikatakan juga bahwa identitas sains peserta didik lebih baik. Selain itu, berkaitan dengan skor literasi sains juga, peserta didik yang menggunakan LKS berbasis EESD memperoleh skor literasi sains yang lebih tinggi dibanding dengan peserta didik yang tidak menggunakan LKS berbasis EESD.

Dalam pengembangan bahan ajar berupa e-modul dengan berbasis ESD untuk mengembangkan identitas sains peserta didik diperlukan juga topik yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Pemilihan topik dalam hal ini didasarkan pada pandangan PISA terkait beberapa prinsip pemilihan konten atau topik, yaitu:

- a. topik yang disajikan harus relevan dengan situasi kehidupan keseharian yang nyata;
- b. topik yang dipilih diperkirakan masih akan relevan sekurang-kurangnya untuk satu dasawarsa ke depan;
- c. topik yang dipilih harus berkaitan dengan kompetensi proses, yaitu pengetahuan tidak hanya sekadar bergantung pada kemampuan mengingat atau terbatas pada informasi tertentu (Hayat & Yusuf, 2010).

Berkaitan dengan prinsip konten atau topik yang telah disebutkan, topik keterbatasan bahan bakar minyak dan pengolahan limbah plastik memiliki relevansi yang kuat. Hal ini diperkuat oleh hasil survei awal yang melibatkan tujuh guru, yang mana seluruh responden sepakat bahwa topik krisis energi dan limbah plastik berpotensi sebagai konteks yang relevan untuk mengembangkan identitas sains peserta didik. Para guru juga menyatakan bahwa topik ini sejalan dengan penerapan ESD.

Berkaitan dengan bahan bakar minyak, berdasarkan data dari ESDM (2024), konsumsi energi pada sektor transportasi masih sangat bergantung pada energi yang bersumber dari minyak bumi, yang dalam hal ini adalah bahan bakar minyak, sedangkan ketersediaan minyak bumi semakin menipis akibat kebutuhan yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Adapun terkait dengan limbah, menurut data SIPSN (2025) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), jumlah limbah yang dihasilkan secara nasional mencapai sekitar 34,2 juta ton per tahun (data 2024, dari 317 kabupaten/kota). Dari jumlah tersebut, limbah plastik menjadi penyumbang kedua yang tertinggi, yaitu sebanyak 19,74%. Banyaknya limbah plastik ini seringkali menyebabkan terjadinya kerusakan, seperti penurunan kualitas lingkungan, terganggunya resapan air dan sirkulasi udara ke dalam tanah yang menyebabkan penurunan kualitas tanah, pencemaran air, bahkan menyebabkan terjadinya bencana seperti banjir (Utami *et al.*, 2020).

Permasalahan mengenai ketersediaan bahan bakar minyak dan penumpukan limbah plastik menjadi permasalahan yang memerlukan solusi efektif. Dalam hal ini, keduanya dapat diupayakan melalui pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Salah satu langkah dalam mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif adalah dengan melalui proses pirolisis, yang merupakan proses pemecahan atau pemutusan rantai polimer melalui pemanasan yang cukup tinggi (Supanto *et al.*, 2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jariyanti *et al.* (2022), dilakukan proses pirolisis untuk memperoleh bahan bakar alternatif dari limbah plastik botol bekas. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa bahan bakar yang dihasilkan berupa cairan berwarna putih keruh.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang telah diuraikan, diperlukan adanya penelitian yang dapat membantu penyelesaian permasalahan-permasalahan tersebut. Salah satu solusi yang diusulkan adalah pengembangan e-modul yang menerapkan ESD dengan topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Urgensi pengembangan e-modul ini juga diperkuat oleh hasil survei awal, yang menunjukkan bahwa seluruh responden (tujuh guru kimia) sepakat akan pentingnya topik yang sesuai dan penerapan ESD untuk mengembangkan identitas sains peserta didik. Berkaitan dengan hal tersebut, penelitian ini mengambil judul “Pengembangan E-Modul Berbasis ESD pada Topik Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif untuk Mengembangkan Identitas Sains Peserta Didik”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, masalah yang dapat teridentifikasi, yaitu:

- a. perlu adanya e-modul pembelajaran yang dapat mengembangkan identitas sains berdasarkan konteks kehidupan sehari-hari secara terintegrasi, seperti dalam topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif; dan
- b. perlu adanya e-modul pembelajaran yang menerapkan ESD.

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, rumusan umum pokok dari penelitian ini adalah “Bagaimana pengembangan e-modul berbasis ESD pada topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif untuk mengembangkan identitas sains peserta didik?”. Permasalahan tersebut dirinci menjadi beberapa pertanyaan penelitian, sebagai berikut:

- a. bagaimana desain pengembangan e-modul berbasis ESD pada topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif untuk mengembangkan identitas sains peserta didik?
- b. bagaimana kelayakan e-modul berdasarkan triangulasi hasil validasi ahli terkait pengembangan e-modul berbasis ESD pada topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif untuk mengembangkan identitas sains peserta didik?

- c. bagaimana profil identitas sains peserta didik pada penggunaan e-modul berbasis ESD pada topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif yang dikembangkan?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan umum dalam penelitian ini adalah untuk “Menghasilkan e-modul berbasis ESD pada topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif untuk mengembangkan identitas sains peserta didik”. Adapun tujuan tersebut dirinci ke dalam beberapa tujuan khusus, yaitu:

- a. mendeskripsikan desain pengembangan e-modul berbasis ESD pada topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif untuk mengembangkan identitas sains peserta didik;
- b. mengetahui informasi kelayakan e-modul berdasarkan triangulasi hasil validasi ahli terkait pengembangan e-modul berbasis ESD pada topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif untuk mengembangkan identitas sains peserta didik;
- c. mengetahui profil identitas sains peserta didik pada penggunaan e-modul berbasis ESD pada topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif yang dikembangkan.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi kemajuan pendidikan kimia. Berikut beberapa manfaat yang dapat diperoleh:

- a. Bagi pendidik:
  - 1) memberikan inovasi dan kontribusi pemikiran baru yang dapat memberikan suatu alternatif desain pembelajaran yang dapat digunakan oleh pendidik di sekolah;
  - 2) pendidik dapat menggunakan e-modul yang dikembangkan sebagai alat bantu pembelajaran untuk mengembangkan identitas sains peserta didik.

- b. Bagi peserta didik:
  - 1) peserta didik memperoleh bahan ajar berupa e-modul yang dapat digunakan untuk belajar di mana pun dan kapan pun;
  - 2) Peserta didik dapat memahami kaitan ilmu kimia dengan kehidupan, khususnya pada topik bahan bakar alternatif pada materi energi terbarukan.
- c. Bagi lembaga pengembang pendidikan:
  - 1) hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan informasi atau salah satu rujukan yang mendukung pengembangan lebih lanjut terhadap pembelajaran yang diterapkan;
  - 2) memberikan bahan pertimbangan dalam membuat kebijakan pendidikan.
- d. Bagi peneliti lain:
  - 1) hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi penelitian lebih lanjut ataupun penelitian sejenis dengan topik berbeda.

### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Terdapat beberapa hal yang menjadi ruang lingkup penelitian agar penelitian lebih terarah, yaitu:

- a. e-modul berbasis ESD pada topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif ditujukan sebagai pengayaan materi energi alternatif untuk mengembangkan identitas sains peserta didik kelas X;
- b. identitas sains yang menjadi acuan dalam pengembangan e-modul berbasis ESD pada topik pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif merujuk pada identitas sains dari OECD (2023b);
- c. analisis profil identitas sains peserta didik difokuskan pada jawaban soal latihan, yang dilakukan untuk memperoleh refleksi dan masukan terhadap produk e-modul; dan
- d. model penelitian yang digunakan adalah *Design and Development Research* (DDR) tipe satu yang berfokus pada pengembangan produk melalui tahapan *specific project phase* yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, dan evaluasi.