

**Pengembangan E-Modul Berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) pada Topik Bioplastik untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik*****Development of E-Modules Based on Education for Sustainable Development (ESD) on the Topic of Bioplastics to Improve Students' Scientific Literacy***

Oleh:

Agita Kurnia Sari^{1*}, Hernani², Asep Supriatna²¹Madrasah Aliyah As-Syifa Sagalaherang, Kecamatan Sagalaherang, Kabupaten Subang, Jawa Barat²Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia*Correspondence email: agitaks@upi.edu**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan e-modul tervalidasi berbasis ESD pada topik bioplastik untuk meningkatkan literasi sains. Penelitian ini menggunakan tahapan *Design Research* dari Plomp, yaitu (1) *preliminary research*; (2) *developing phase*; dan (3) *assessment phase*. Pada tahap (3) penelitian dilaksanakan di salah satu SMA Negeri Kota Bandung dengan partisipan 20 orang peserta didik. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini yaitu, format konstruksi e-modul, lembar validasi e-modul, lembar uji coba terbatas, dan angket respon siswa. Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan adanya kebutuhan bahan ajar berupa e-modul yang berorientasi meningkatkan literasi sains siswa. Hasil validasi ahli menunjukkan e-modul memenuhi kriteria kelayakan dari aspek isi, verbal, dan visual, dengan beberapa saran perbaikan berupa perbaikan kata dan kalimat, serta penambahan konteks untuk melatih kemampuan literasi sains. Hasil uji coba terbatas menunjukkan penilaian peserta didik terhadap e-modul yang dikembangkan termasuk kategori sangat baik, dengan persentase kepuasan sebesar 86,5%. Diperlukan adanya ujicoba dalam implementasi pembelajaran di kelas untuk mengetahui efektivitas modul terhadap pengembangan literasi sains peserta didik.

ABSTRACT

This research aims to produce a validated ESD-based e-module on the topic of bioplastics to increase scientific literacy. This research uses the *Design Research* stages from Plomp, that is (1) *preliminary research*; (2) *developing phase*; and (3) *assessment phase*. In stage (3) the research was carried out at one of the Bandung City State High Schools with 20 students participating. The instruments used in this research were, e-module construction format, e-module validation sheet, limited trial sheet, and student response questionnaire. Preliminary research results show that there is a need for teaching materials in the form of e-modules that are oriented towards increasing

Info artikel:

Diterima: 30 Mei 2024
Direvisi: 30 Juni 2024
Disetujui: 31 Agustus 2024
Terpublikasi online: 15 September 2024
Tanggal Publikasi: 1 Oktober 2024

Kata Kunci:

Bioplastik,
E-Modul,
ESD,
Literasi Sains.

Key Words:

Bioplastic,
EModule,
ESD,
Science Literacy.

students' scientific literacy. The expert validation results show that the e-module meets the eligibility criteria from the content, verbal and visual aspects, with several suggestions for improvement in the form of improving words and sentences, as well as adding context to train scientific literacy skills. The results of the limited trial showed that students' assessment of the e-module being developed was in the very good category, with a satisfaction percentage of 86.5%. There is a need for trials in the implementation of classroom learning to determine the effectiveness of the module in developing students' scientific literacy.

1. PENDAHULUAN

Literasi sains merupakan konsep melek sains yang berkaitan dengan kemampuan individu untuk menggunakan sains dalam menjalankan fungsinya dalam masyarakat. Pemahaman yang lebih baik tentang sains dan teknologi akan menguntungkan siapa pun yang hidup dalam masyarakat yang didominasi sains dan teknologi. Meluasnya pemahaman literasi sains di masyarakat akan menghasilkan warga negara yang lebih percaya diri dan kompeten dalam menangani masalah-masalah terkait sains dan teknologi saat muncul dalam kehidupan sehari-hari (Laugksch, 2000).

Upaya yang dapat dilakukan dalam memperbaiki pembelajaran untuk membekali literasi sains adalah dengan menyediakan bahan ajar yang berorientasi literasi sains. Salah satu bahan ajar yang sesuai dengan era digital sekarang adalah buku/modul dalam bentuk elektronik. Hal ini sejalan dengan Warsita (2014) yang menyatakan bahwa bentuk pengembangan teknologi dalam pembelajaran harus menghasilkan produk, salah satunya adalah bahan/media ajar yang dijadikan sebagai sumber belajar peserta didik.

Heinich *et al.* (2005) dalam Pribadi (2019) mengemukakan bahwa salah satu faktor yang perlu dipertimbangkan dalam memilih bahan ajar yang tepat adalah kesesuaian bahan ajar yang digunakan dengan kurikulum. Kurikulum yang berlaku saat ini di Indonesia adalah kurikulum Merdeka. Kurikulum Merdeka memberikan peluang yang luas untuk mengintegrasikan prinsip *Education for Sustainable Development* (ESD) dan mendukung pembentukan generasi yang peduli terhadap keberlanjutan (Vioreza, Hilyati, & Lasminingsih, (2023).

ESD menurut PBB merupakan suatu pendekatan pembelajaran berdasarkan prinsip-prinsip pembangun berkelanjutan (Ekantini & Wilujeng, 2018; UNESCO, 2017). Adapun tujuan dari ESD yaitu membentuk peserta didik yang memiliki pengetahuan, sikap, serta keterampilan yang diperlakukan untuk pembangunan berkelanjutan (Segara, 2015; Vioreza & Supriatna, 2020). Adanya ESD menjadi momentum bagi peserta didik untuk belajar sepanjang hayat. Peserta didik belajar tentang bagaimana berperilaku ramah lingkungan dan memiliki gaya hidup yang sesuai dengan prinsip-prinsip ekologis untuk sustainability.

Implementasi ESD sangat tergantung pada penerapan kurikulum dan peran strategis para pendidik dalam menjalankannya. Namun dalam praktiknya, pembelajaran masih terjebak pada dominasi porsi pengetahuan saja sehingga berdampak pada implementasi ESD yang belum optimal (Rusmana & Akbar, 2017 serta Utami & Vioreza, 2021).

Sejak tahun 2005, PBB telah mendeklarasikan pembangunan berkelanjutan. Konsep keberlanjutan yang dijelaskan yaitu pembangunan yang ditujukan untuk pemenuhan kebutuhan pada saat ini tetapi tidak membatasi generasi di masa depan untuk memenuhi kebutuhannya sendiri. (Iskandar, 2020). Agenda besar 2030 mengenai 17 tujuan pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs) merupakan hasil dari kesepakatan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) pada tahun 2015. Untuk mewujudkan tujuan

tersebut memerlukan peran dari berbagai bidang, diantaranya bidang pendidikan yang dianggap memiliki andil penting, dan sebagai kunci utama dari tujuan pembangunan berkelanjutan (UNESCO, 2017).

Pendidikan harus menjadi peran utama dalam pencapaian pembangunan berkelanjutan. ESD mencakup proses pendidikan untuk membina manusia agar dapat berkontribusi dalam pembangunan berkelanjutan (Hoffmann & Siege, 2018), serta agar manusia dalam melakukan tindakannya dapat mempertimbangkan dampak sosial budaya, ekonomi dan lingkungan pada masa kini dan masa depan berdasarkan perspektif lokal hingga global (UNESCO, 2017). Dalam era globalisasi, pembelajaran IPA (sains) harus mampu membentuk sikap dasar sains (melek sains) yang memiliki kemampuan dalam berpikir ilmiah untuk memecahkan masalah individu dan isu pada masyarakat.

Salah satu materi yang tercantum di Fase E mata pelajaran kimia Kurikulum Merdeka adalah Kimia Hijau. Kimia hijau berkaitan dengan hal-hal yang dapat mengurangi terbentuknya limbah, penggunaan pelarut, penggunaan katalis, penggunaan material awal, penggunaan bahan organik, dan peningkatan efisiensi energi. Tujuan dari pemberian materi ini agar peserta didik dapat memahami dan mengaplikasikan prinsip-prinsip kimia hijau untuk mengurangi dampak bahan kimia pada lingkungan sekitar. Salah satu penyebab permasalahan lingkungan pada era sekarang ini yaitu penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari yang semakin meningkat.

Plastik sering digunakan untuk proses pengemasan. Hal tersebut dikarenakan sifat plastik yang unggul seperti ringan, kuat, transparan, tahan air, fleksibel (mengikuti bentuk produk), tidak korosif serta harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat (Syamsir, 2008). Di samping keunggulan tersebut, penggunaan plastik memiliki dampak negatif, diantaranya: plastik sintetis sulit terurai secara alami dan membutuhkan waktu ratusan tahun untuk terdegradasi, tempat Pembuangan Akhir (TPA) dipenuhi dengan sampah plastik yang tidak terurai, plastik yang terdegradasi menjadi partikel-partikel kecil (mikroplastik) dapat masuk ke dalam rantai makanan yang mengancam kesehatan hewan dan manusia yang mengonsumsinya, dan bahan baku plastik sintetis berasal dari bahan baku fosil seperti minyak bumi dan gas alam dalam prosesnya mengeluarkan gas rumah kaca dan berkontribusi pada pemanasan global.

Biodegradable plastic merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi dampak negatif dari plastik karena bahan ramah lingkungan yang potensial untuk mengurangi penggunaan plastik berbahan dasar minyak bumi. Bioplastik sangat penting digunakan karena mampu menjaga kelestarian lingkungan. Bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan seperti layaknya plastik konvensional, namun plastik tersebut akan terurai oleh aktivitas mikroorganisme ketika dibuang ke tanah.

Tujuan penelitian yang dilakukan yaitu untuk menghasilkan e-modul berbasis ESD pada topik bioplastik untuk meningkatkan literasi sains peserta didik. E-Modul tersebut didasarkan pada survey awal adanya kebutuhan lapangan terkait ketersediaan bahan ajar khususnya e-modul dalam menunjang pembelajaran berkualitas yang menunjang tujuan kurikulum Merdeka.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan *Design Research* dengan model pengembangan Plomp (2013) yang terdiri atas tiga tahap yaitu: (1) Penelitian pendahuluan (*Preliminary research*) yaitu tahapan menganalisis kebutuhan dan kajian literatur dalam mengembangkan kerangka konseptual

yang teoritis untuk penelitian; (2) Tahap pengembangan (*Development or prototyping phase*) yaitu proses perancangan secara berurutan; serta (3) Tahap asesmen (*assessment phase*) menggunakan evaluasi formatif untuk memperbaiki produk. Pada penelitian pendahuluan dilakukan survey kebutuhan kepada guru-guru kimia di Kota Bandung, yang menunjukkan hamper seluruhnya guru partisipan menganggap perlu adanya bahan ajar berupa e modul yang bermuatan ESD. Pada tahap 2 dilakukan pemetaan capaian pembelajaran, prinsip ESD dan komponen literasi sains yang dirumuskan menjadi tujuan pembelajaran; selanjutnya dikonstruksi desain e-modul yang sesuai tujuan yang telah dirumuskan; validasi desain e-modul dengan cara proses triangulasi investigator. Pada tahap (3) penelitian ini melibatkan 20 orang peserta didik kelas X-1 dari salah satu SMA Negeri di Kota Bandung untuk mengevaluasi kualitas produk melalui respon penilaian peserta didik terhadap e-modul yang dihasilkan.

Instrumen penelitian yang digunakan adalah format konstruksi e-modul yang memuat perumusan tujuan pembelajaran, lembar validasi, lembar uji coba terbatas, dan angket respon peserta didik. Format konstruksi e-modul berisi tahapan pembuatan e-modul yang didasarkan pada aspek-aspek Literasi Sains PISA 2025 dan ESD. Hasil validasi ahli e-modul pembelajaran diolah dengan merangkum saran perbaikan yang diberikan oleh para ahli baik dari kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran, ketepatan ilustrasi gambar, simbol, sketsa, dan percobaan dengan teks, serta kesesuaian teks dengan kemampuan peserta didik SMA kelas X.

Hasil uji coba terbatas e-modul diolah dengan merangkum jawaban-jawaban peserta didik yang dipetakan sesuai aspek literasi sains dan tujuan pembelajaran yang sudah dirancang sebelumnya. Angket respon peserta didik menggunakan skala likert dengan 4 kriteria, lalu hasil presentase dikategorikan berdasarkan kriteria sangat tidak baik sampai sangat baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain E-Modul

Merumuskan tujuan pembelajaran sebagai dasar pengembangan e-modul dilakukan agar e-modul yang dikembangkan tersusun secara sistematis dan dapat mencapai tujuan instruksional tertentu. Adapun penetapan tujuan ini merupakan kemampuan yang harus dicapai peserta didik setelah mempelajari suatu e-modul yang dikembangkan. Penyusunan Tujuan Pembelajaran ini didasarkan pada Capaian Pembelajaran yang ada di kurikulum merdeka serta aspek literasi sains pada PISA 2025 yang terdiri dari aspek pengetahuan, kompetensi, sikap dan konteks. E-modul yang dikembangkan juga didasarkan pada aspek ESD yang juga mempertimbangkan aspek keberlanjutan dalam pembahasan materinya, serta mengacu pada aspek lingkungan, ekonomi dan sosial budaya. Contoh Tujuan Pembelajaran aspek Pengetahuan ditunjukkan pada Tabel 1.

Setelah dilakukan perumusan tujuan pembelajaran, tahap selanjutnya adalah analisis konten kimia dan konteks yang berhubungan dengan topik bioplastik. Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi konten kimia dan konteks yang berhubungan dengan topik bioplastik pada setiap aspek tujuan pembelajaran agar dapat dipastikan materi yang disampaikan relevan, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan dan tujuan pembelajaran yang dirumuskan. Analisis konten kimia merujuk pada buku kimia universitas, sedangkan analisis konten terkait bioplastik merujuk pada artikel jurnal. Pada tahap ini juga dilakukan analisis aspek-aspek ESD yang berkaitan dengan bioplastik. Adapun hasil analisis konten dan konteks disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Perumusan Tujuan Pembelajaran Aspek Pengetahuan

Capaian pembelajaran	Aspek Pengetahuan PISA 2025	Aspek Kompetensi PISA 2025	Tujuan Pembelajaran
Peserta didik mampu mengamati, menyelidiki dan menjelaskan fenomena sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam kehidupan sehari-hari; menerapkan konsep kimia dalam pengelolaan lingkungan termasuk menjelaskan fenomena pemanasan global; menuliskan reaksi kimia dan menerapkan hukum-hukum dasar kimia; memahami struktur atom dan aplikasinya dalam nanoteknologi	Pengetahuan Epistemik Hakikat observasi ilmiah, fakta, hipotesis, model dan teori	Menjelaskan Fenomena Secara Ilmiah Menjelaskan potensi implikasi pengetahuan ilmiah bagi masyarakat	Peserta didik dapat menyebutkan jenis plastik kemasan yang digunakan di masyarakat

Tabel 2. Analisis Konten dan Konteks

Capaian Pembelajaran	Tujuan Pembelajaran	Aspek ESD	Konten/Konteks
Peserta didik mampu mengamati, menyelidiki dan menjelaskan fenomena sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam kehidupan sehari-hari; menerapkan konsep kimia dalam pengelolaan lingkungan termasuk menjelaskan fenomena pemanasan global; menuliskan reaksi kimia dan menerapkan hukum-hukum dasar kimia; memahami struktur atom dan aplikasinya dalam nanoteknologi	Peserta didik dapat menjelaskan pengertian plastik yang digunakan sebagai kemasan dan bioplastik	Kegiatan Pembelajaran Ke-1 Lingkungan: berkaitan dengan isu-isu sumber daya alam (air, energi, pertanian, keanekaragaman hayati), perubahan iklim, pembangunan pedesaan, urbanisasi yang berkelanjutan, pencegahan bencana dan mitigasi	<ul style="list-style-type: none"> ● Isu tentang plastik kemasan ● Pengertian plastik ● Pengertian Plastik kemasan ● Pengertian Bioplastik

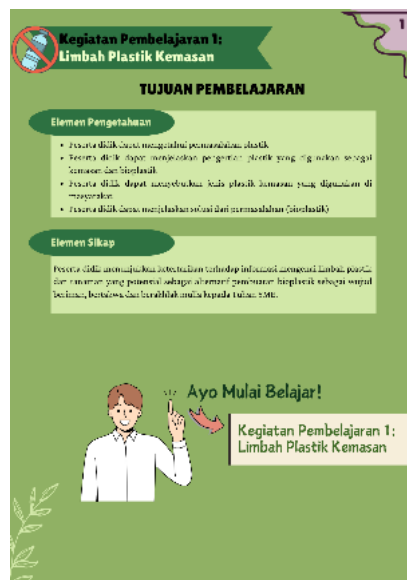
Setelah teks dasar atau draft materi selesai, kemudian dilanjutkan dengan membuat outline e-modul untuk menentukan sistematika penulisan e-modul secara keseluruhan isi modul. Sistematika e-modul didasarkan pada panduan penyusunan e-modul yang diterbitkan oleh Kemendikbud (2017) yang terdiri dari sampul, daftar isi, peta konsep, pendahuluan, petunjuk penggunaan modul, kegiatan pembelajaran, kunci jawaban dan pedoman penskoran, daftar pustaka dan profil penulis. Peneliti menggunakan aplikasi canva untuk membuat desain tampilan e-modul. Desain layout dan warna pada e-modul disesuaikan dengan materi bioplastik sehingga peneliti menggunakan warna hijau untuk latar belakang serta animasi dan elemen lainnya. Jenis huruf yang digunakan adalah arial

ukuran 12. Pemilihan jenis huruf dan ukuran tersebut disesuaikan agar mudah terbaca oleh pengguna. Selain itu pada proses pengembangan e-modul, peneliti memastikan e-modul yang dikembangkan sesuai dengan karakteristik e-modul menurut Kemendikbud (2017) yaitu *self instruction* (pembelajaran diri sendiri), *self contained* (satu kesatuan utuh yang dipelajari), *stand alone* (berdiri sendiri), *user friendly* (mudah digunakan), dan adaptif. Adapun tampilan visualisasi sampul e-modul disajikan pada gambar berikut:



Gambar 1. Tampilan cover e-modul

E-modul yang dikembangkan terdiri dari 2 kegiatan pembelajaran yaitu: 1) limbah plastik kemasan, dan 2) bioplastik. Pada masing-masing kegiatan pembelajaran tersebut terdiri dari tujuan pembelajaran, uraian materi, evaluasi, dan refleksi diri. Adapun cuplikan visualisasi e-modul pada salah satu kegiatan pembelajaran disajikan pada gambar berikut:



Gambar 2. Cuplikan kegiatan pembelajaran dalam e-modul

3.2. Hasil Validasi Ahli

E-modul topik bioplastik berbasis ESD yang telah didesain, selanjutnya divalidasi oleh validator ahli sebagai bentuk jaminan triangulasi investigator. Validator terdiri dari 3 dosen pendidikan kimia serta 1 orang guru kimia. Validasi merupakan kegiatan menilai

produk untuk mengetahui kelayakan produk yang telah dikembangkan. Penilaian berkenaan dengan aspek penting modul elektronik yaitu kelayakan isi, verbal dan visual. Aspek kelayakan isi mencakup kesesuaian materi dengan standar kompetensi dan capaian pembelajaran, kesesuaian materi dengan perkembangan peserta didik, serta kebenaran substansi materi. Aspek verbal berkaitan dengan penggunaan huruf, bahasa, dan kalimat yang membangun dan kalimat yang membangun isi modul, sedangkan aspek visual berkaitan dengan tampilan ilustrasi seperti gambar atau ilustrasi (Depdiknas, 2008).

Aspek-aspek tersebut terbagi menjadi 4 indikator yaitu berupa ketepatan konteks dan konten, kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran, ketepatan ilustrasi, gambar, simbol, sketsa, dengan teks, serta kesesuaian teks dengan kemampuan peserta didik SMA. Berdasarkan hasil validasi didapat e-modul yang dikembangkan layak pada setiap indikator yang dibuat, dengan beberapa saran berupa rekonstruksi kata dan kalimat agar lebih mudah dipahami oleh peserta didik, penyesuaian konten yang lebih dekat dengan kehidupan sehari-hari peserta didik, serta penekanan pada aspek ESD pada beberapa konten. Peneliti melakukan perbaikan sesuai dengan saran validator, sehingga e-modul yang dikembangkan dapat memenuhi aspek-aspek e-modul. Contoh temuan dari saran validator ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil temuan validasi e-modul

Teks Dasar Sebelum Perbaikan	Teks Dasar Setelah Perbaikan
Bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun mudah terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir H ₂ O dan gas CO ₂ setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan	Bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun mudah terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir ada dua, yaitu biodegradasi aerobik menghasilkan H ₂ O dan CO ₂ , sedangkan biodegradasi anaerobik menghasilkan H ₂ O, CO ₂ , dan CH ₄ .

3.3. Profil Aspek Literasi Sains Peserta Didik

Profil literasi sains peserta didik pada saat proses pembelajaran dapat tergambar dari e-modul hasil uji coba terbatas. Aspek literasi sains yang dianalisis adalah aspek literasi PISA (2023) yaitu menjelaskan fenomena secara ilmiah, menginterpretasikan data dan bukti secara ilmiah. Aspek literasi sains ini sejalan dengan e-modul yang dikembangkan berbasis ESD. Temuan hasil jawaban peserta didik dikelompokkan berdasarkan setiap soal yang ada dalam e-modul. Beberapa hasil temuan pada saat uji coba terbatas tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Pemetaan aspek literasi sains peserta didik dalam e-modul

Aspek Literasi Sains	Soal dalam E-Modul	Hasil Jawaban Peserta Didik
Menjelaskan potensi implikasi pengetahuan ilmiah bagi masyarakat	Mengapa penggunaan plastik makin bertambah setiap harinya?	<ul style="list-style-type: none"> • Karena adanya penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari, seperti untuk keperluan rumah tangga hingga kemasan makanan dan minuman membuat jumlah plastik meningkat • Penggunaan plastik makin bertambah setiap harinya karena plastik memiliki banyak keunggulan seperti ringan, tahan air, dan murah. Selain itu, industri plastik juga terus berkembang dan menghasilkan berbagai jenis produk plastik yang memudahkan kehidupan manusia

Penilaian berbasis sains berdasarkan hasil jawaban peserta didik menunjukkan komponen proses sains yang dapat memberikan deskripsi tentang profil literasi sains peserta didik. Penilaian pada instrumen e-modul merupakan penilaian terhadap proses pembelajaran yang dapat digunakan sebagai informasi penunjang untuk mendeskripsikan gambaran umum profil literasi sains dari peserta didik.

Berdasarkan gambaran literasi sains, peserta didik sudah mengetahui konsep-konsep dasar. Selain itu, peserta didik sudah memahami konsep dan mampu menerapkan konsep kepada permasalahan yang dihadapi, namun masih perlu dilatih kemampuan bernalarnya untuk mengetahui adanya kesalahan pada data atau *anomaly* data.

3.4. Respon Peserta Didik

Respon peserta didik terhadap e-modul yang dikembangkan, dilakukan dengan memberikan angket kepada peserta didik. Hasil tanggapan peserta didik yang berupa pertanyaan sangat setuju (SS) bernilai 4, setuju (S) bernilai 3, tidak setuju (TS) bernilai 2, dan sangat tidak setuju (STS) bernilai 1. Dengan jumlah responden sebanyak 20 orang peserta didik, jumlah pernyataan yang berisikan 16 soal dan nilai maksimum adalah 4 maka diperoleh jumlah skor maksimum adalah 1280, sedangkan jumlah skor yang diperoleh berdasarkan hasil respon peserta didik yaitu sebesar 1107 dengan rumus:

$$K = \frac{1107}{4 \times 16 \times 20} \times 100\% = 86,48 \%$$

Berdasarkan skor (nilai K) tersebut, diperoleh persentase penilaian dengan skala desimal satu angka belakang koma yaitu sebesar 86,5%. Maka respon peserta didik terhadap e-modul yang dikembangkan adalah sangat baik. Dari segi tampilan seperti gambar, ilustrasi, maupun simbol yang ditampilkan dalam e-modul sudah cukup jelas dan menarik. Materi yang disajikan dalam e-modul ini tersusun dengan baik dan runtut serta mudah dipahami, perintah/petunjuk/arahan dalam e-modul mudah dipahami. Latihan soal pada e-modul sudah dapat membantu peserta didik dalam mengukur tingkat pemahaman, jenis dan ukuran huruf yang digunakan sudah sesuai dan nyaman dibaca. Isu-isu yang ditampilkan sudah dekat dengan kehidupan sehari-hari peserta didik dapat menumbuhkan keterampilan literasi sains peserta didik dalam mempelajari materi kimia hijau/*green chemistry*.

4. SIMPULAN

Desain e-modul yang dihasilkan memiliki karakteristik sebagai berikut: (1) aspek literasi sains yang dilatihkan meliputi konteks terkait jenis-jenis plastik, keuntungan dan kelemahan plastik, serta pembuatan bioplastik sebagai salah satu upaya mengurangi dampak negatif plastik yang *non-biodegradable*; pengetahuan yang meliputi konten polimer sintesis dan alam; keterampilan yang meliputi penjelasan fenomena dan evaluasi terhadap material plastic sintesis dan alamiah; dan sikap yang terutama meliputi sikap untuk menunjang keberlanjutan; (2) pembelajaran berbasis ESD yang diterapkan dengan 3 perspektif yaitu aspek sosial budaya, lingkungan, dan ekonomi; serta (3) tampilan e-modul terdiri atas halaman muka dan struktur pendahuluan, kegiatan, dan bagian akhir dan dilengkapi dengan daftar bacaan tambahan. Hasil validasi dan penilaian terhadap e-modul yang dihasilkan berdasarkan kriteria ketepatan konteks dan konten, kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran, ketepatan ilustrasi, gambar, simbol, sketsa dan percobaan dengan teks dan kesesuaian teks dengan kemampuan peserta didik SMA. Hasil uji coba terbatas melalui tes formatif yang ada di e-modul memperlihatkan profil literasi sains serta kemampuan peserta didik dalam memahami materi yang disajikan pada setiap kegiatan pembelajaran yang mendeskripsikan gambaran umum profil literasi sains dari jawaban peserta didik. Hasil angket respon peserta didik terhadap penilaian kualitas e-modul yang dikembangkan, memperoleh kategori sangat baik dengan persentase 86,5%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, serta dosen pembimbing yang telah memberikan fasilitas, dukungan, dan kesempatan dalam melakukan penelitian hingga selesai.

6. REFERENSI

- Departemen Pendidikan Nasional. (2008). Panduan Pengembangan Bahan Ajar. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas.
- Iskandar, A. H. (2020). *SDGs desa: percepatan pencapaian tujuan pembangunan nasional berkelanjutan*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview.
- PISA-OECD (2023), OECD Guidelines for Multinational Enterprises on Responsible Business Conduct, OECD Publishing, Paris
- Plomp, T. (2013). Educational design research: An introduction. In T. Plomp, & N. Nieveen (Eds.), Educational design research - part A: An introduction (pp. 10-51). Enschede, the Netherlands: SLO.
- Pribadi, B. A. (2019). Pengertian dan prinsip-prinsip pengembangan bahan ajar. *Pengembangan Bahan Ajar*, Penerbit: UT Jakarta.
- Syamsir, E. (2008). Plastik dan Senyawa Limonen. UI Press: Jakarta
- UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals Learning Objectives Peace and Sustainable Development, Education Secto.

- Vioreza, N., Hilyati, W., & Lasminingsih, M. (2023). Education for Sustainable Development: Bagaimana Urgensi dan Peluang Penerapannya pada Kurikulum Merdeka?. *PUSAKA: Journal of Educational Review*, 1(1), 34-48.
- Warsita, B. (2014). Peran Pengembang Teknologi Pembelajaran Di Sekolah dalam Mensukseskan Pelaksanaan Kurikulum 2013. *Jurnal Teknodik*, 197-206