

## BAB III

### METODE PENELITIAN

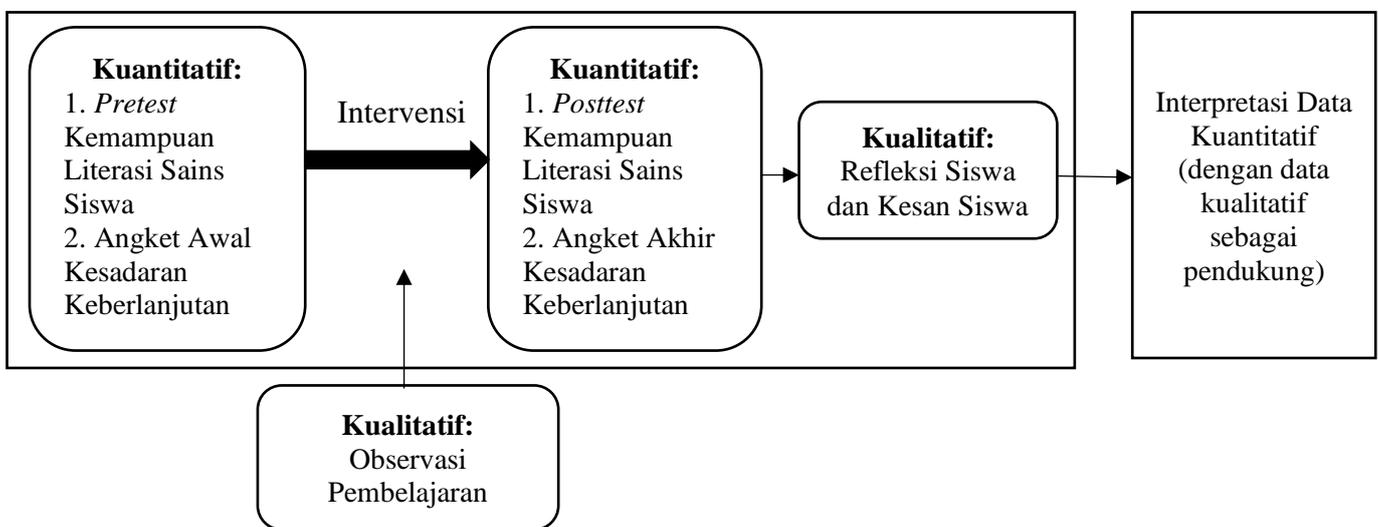
#### 3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed method*) dengan desain *embedded experimental*. Pendekatan kuantitatif eksperimental menjadi kerangka utama penelitian, sementara data kualitatif diintegrasikan sebagai komponen pelengkap untuk memperkaya dan mendukung pemahaman terhadap fenomena yang diteliti. Desain ini memungkinkan peneliti untuk tidak hanya mengukur efektivitas suatu intervensi secara objektif melalui data kuantitatif, tetapi juga memperoleh wawasan mendalam mengenai proses, pengalaman, serta mekanisme yang melatarbelakangi perubahan tersebut melalui data kualitatif. (Creswell & Poth, 2018; Terrell, 2012).

Desain *embedded experimental* adalah menempatkan eksperimen kuantitatif sebagai inti utama penelitian, sementara data kualitatif diintegrasikan secara terstruktur sebagai elemen tambahan guna memperkaya dan mendukung interpretasi hasil (Creswell, 2014). Dalam desain ini, data kualitatif dikumpulkan untuk memberikan konteks, mendalami pengalaman, atau menjelaskan mekanisme di balik perubahan yang teridentifikasi melalui data kuantitatif. Melalui integrasi tersebut, peneliti dapat memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai efektivitas intervensi—misalnya pengukuran peningkatan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan siswa secara objektif—serta memperjelas dinamika, respons, atau hambatan yang dihadapi peserta selama proses pembelajaran dengan e-modul berbasis ESD. Pendekatan ini memungkinkan validitas hasil diperkuat melalui triangulasi informasi antar data, serta memberikan ruang bagi penjelasan dan refleksi yang lebih mendalam dalam proses penelitian (Creswell & Poth, 2018; Ary et al., 2010).

Pada penelitian ini, data kuantitatif menjadi pendekatan utama yang dikumpulkan melalui *pretest* dan *posttest* menggunakan tes literasi sains sebelum

dan sesudah pembelajaran menggunakan *e-modul* berbasis ESD. Selain itu, data kuantitatif untuk kesadaran keberlanjutan diperoleh melalui survey sebelum dan sesudah pembelajaran. Data kualitatif, sebagai data pelengkap, dikumpulkan melalui lembar refleksi siswa, lembar observasi pembelajaran, dan angket tanggapan siswa setelah pembelajaran menggunakan *e-modul* berbasis ESD. Data lembar observasi pembelajaran diperoleh melalui observasi selama pembelajaran berlangsung, sedangkan data lembar refleksi dan angket tanggapan siswa diperoleh setelah rangkaian pembelajaran menggunakan *e-modul* berbasis ESD selesai dilakukan. Data kualitatif ini digunakan untuk memperkuat hasil dari data kuantitatif, memberikan konteks interpretatif, serta menggambarkan secara lebih mendalam bagaimana pengalaman siswa dalam proses pembelajaran. Desain penelitian dapat dilihat pada bagan di Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Desain Embedded Experimental

### 3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian terdiri dari 28 peserta didik kelas IX di salah satu SMP Negeri di Kota Cimahi. Seluruh partisipan berada pada rentang usia 11 hingga 13 tahun. Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2024/2025, tepatnya pada bulan Januari hingga Februari. Sampel penelitian diambil

menggunakan teknik *convenience sampling*, di mana partisipan dipilih berdasarkan pada aksesibilitas, kesiapan, dan kemudahan peneliti dalam mengumpulkan data (Creswell, 2012). Teknik *convenience sampling* dianggap relevan dalam penggunaan desain *concurrent embedded* karena tujuan dari penelitian untuk mengukur efektivitas *e-modul* dan mengeksplorasi pengalaman belajar siswa melalui kombinasi data kuantitatif dan kualitatif secara mendalam.

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Tahap Kuantitatif

Tahap kualitatif diawali dengan studi analisis variabel yang terkait, *preliminary research*, pengembangan *e-modul* berbasis ESD yang digunakan, validasi *e-modul* berbasis ESD, validasi instrumen penelitian (tes literasi sains), analisis *pretest* dan *posttest* literasi sains, dan analisis angket kesadaran keberlanjutan. Rincian tahap kuantitatif adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan informasi awal terkait bahan ajar, pendekatan ESD, dan materi ajar di sekolah tempat penelitian dilakukan.
2. Mengajukan proposal judul penelitian dan memperoleh persetujuan judul dari dosen pembimbing.
3. Melakukan studi pendahuluan (*preliminary research*) mengenai variabel yang akan diteliti kepada guru IPA di sekolah yang akan dituju melalui *survey Googleform*.
4. Menganalisis Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD), Buku Ajar dan Tujuan Pembelajaran dalam konteks kurikulum 2013 yang mencakup aspek energi rendah karbon.
5. Menganalisis kompetensi dan materi kunci *Education for Sustainable Development (ESD)* untuk mencari topik yang akan diangkat dalam pembuatan *e-modul*.

6. Menganalisis kompetensi dari literasi sains untuk dapat diintegrasikan dalam *e-modul*.
7. Menganalisis konsep-konsep dan materi dari bahan bacaan atau sumber informasi lainnya untuk membuat rangkuman materi.
8. Menganalisis materi kesadaran keberlanjutan (*sustainability awareness*) untuk menjadi bagian dari bahan ajar *e-modul*.
9. Menentukan topik materi ajar energi rendah karbon sebagai topik yang akan dikembangkan dalam *e-modul*.
10. Menyusun proposal penelitian.
11. Mengajukan dan mengesahkan proposal penelitian.
12. Membuat bahan ajar berupa *e-modul* berbasis ESD, instrumen literasi sains peserta didik, instrumen kesadaran keberlanjutan peserta didik, dan instrumen validasi oleh ahli.
13. Menyusun RPP pembelajaran sebagai penunjang pelaksanaan penelitian.
14. Menguji kelayakan *e-modul* dan instrumen literasi sains.
15. Menganalisis hasil validasi *e-modul* dan hasil validasi instrumen literasi sains.
16. Merevisi *e-modul* dan instrumen penelitian berdasarkan hasil validasi oleh ahli.
17. Melakukan *pretest* untuk kemampuan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan.
18. Melakukan pembelajaran dengan *e-modul* berbasis ESD pada tema energi rendah karbon.
19. Melakukan *posttest* untuk kemampuan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan.

### **3.4.2 Tahap Kualitatif**

Tahap kualitatif dilaksanakan dengan pengambilan data untuk melihat keefektifan dari bahan ajar *e-modul* berbasis ESD yang telah dikembangkan. Rincian tahap kuantitatif antara lain:

1. Melakukan observasi selama pembelajaran menggunakan *e-modul* berbasis ESD pada tema energi rendah karbon dilakukan.
2. Melakukan analisis hasil lembar refleksi dari peserta didik setelah pembelajaran selesai dilakukan.
3. Melakukan analisis hasil angket tanggapan (impresi) peserta didik setelah pembelajaran selesai dilakukan.

### **3.4.3 Tahap Analisis Data**

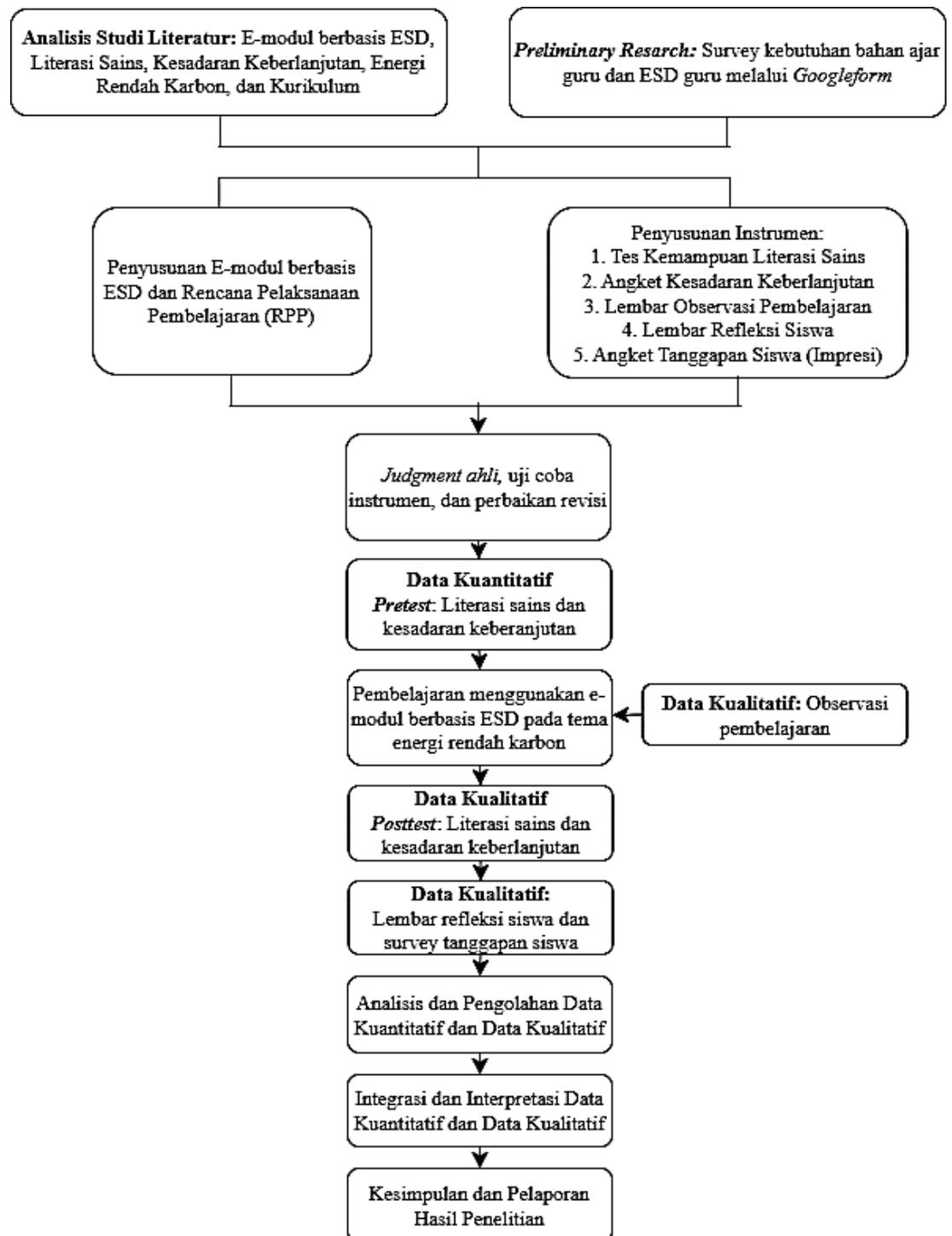
Tahap analisis data dilaksanakan dengan menganalisis dan menginterpretasi data yang telah didapatkan dari penelitian. Data kuantitatif diolah sebagai data utama (primer) dalam penelitian. Data kualitatif digunakan sebagai data sekunder sebagai data yang memperkaya, menjelaskan, atau memperkuat data primer. Rincian tahap interpretasi antara lain:

1. Pengolahan dan penganalisan data hasil *pretest* dan *posttest* kemampuan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan peserta didik.
2. Pembuatan analisis dan kesimpulan dari hasil data kuantitatif.
3. Pengolahan dan penganalisan data hasil observasi, refleksi siswa dan hasil angket tanggapan (impresi) peserta didik.

### **3.4.4 Tahap Interpretasi dan Integrasi Data**

1. Mengintegrasikan hasil data kuantitatif dan kualitatif.
2. Membuat kesimpulan.

Uraian prosedur penelitian dapat dilihat dalam bentuk alur penelitian pada gambar di bawah berikut ini:



Gambar 3. 2 Bagan Prosedur Penelitian

### 3.5 Instrumen Penelitian Kuantitatif

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan, mengukur, dan menganalisis data dalam suatu penelitian ilmiah (Creswell & Poth, 2018). Dalam penelitian ini, beberapa instrumen digunakan untuk memperoleh data yang komprehensif, meliputi instrumen angket kebutuhan guru sebagai studi awal, instrumen kelayakan modul ajar, instrumen tes kemampuan literasi sains, dan instrument kesadaran keberlanjutan. Pemilihan instrumen ini disesuaikan dengan tujuan penelitian untuk menganalisis efektivitas *e-modul* berbasis ESD dalam meningkatkan kemampuan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan peserta didik. Penggunaan berbagai instrumen ini ditujukan untuk pengumpulan data yang beragam dan mendalam, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih holistik tentang dampak intervensi pembelajaran yang dilakukan. Pada tabel 3.1 ditunjukkan jenis data dan jenis instrument yang telah dilakukan.

**Tabel 3. 1 Instrumen Penelitian**

Tahap Penelitian	Jenis Data	Instrumen	Sumber
Tahap kuantitatif: penerapan <i>e-modul</i> dan pembelajaran	Analisis data kualitatif <i>preliminary research</i>	Lembar angket analisis kebutuhan melalui <i>Googleform</i>	Guru IPA Terpadu
	Presentase hasil penilaian kelayakan <i>e-modul</i>	Lembar kelayakan <i>e-modul</i> : lembar review ahli materi, ahli bahasa, ahli media, lembar praktikalitas, lembar uji keterbacaan	Ahli materi, ahli bahasa, ahli media, praktisi pendidikan, dan peserta didik
	Kemampuan literasi sains	Butir soal literasi sains (pilihan ganda)	Peserta Didik
	Kesadaran keberlanjutan	Kuesioner kesadaran keberlanjutan	Peserta didik
Tahap Kualitatif	Hasil Observasi	Lembar Observasi	Observer

Refleksi Siswa	Lembar Refleksi Siswa	Peserta Didik
Tanggapan (Impresi) Siswa	Angket	Peserta Didik

### 3.5.1 Lembar Angket Analisis Kebutuhan

Lembar angket kebutuhan dibuat dalam bentuk kuesioner yang dilakukan secara daring (*online*) melalui platform *googleform* kepada guru IPA terpadu. Angket terdiri dari 11 pertanyaan yang ditujukan untuk menganalisis kebutuhan guru IPA terhadap bahan ajar yang dapat menunjang pembelajaran dan implementasi ESD dalam pembelajaran IPA. Rubrik angket analisis kebutuhan guru dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

**Tabel 3. 2 Rubrik Angket Kebutuhan Guru**

Pertanyaan Angket	Respon Guru				
	Buku paket	E-book	<i>E-modul</i>	LKPD	Modul Ajar
Dalam pembelajaran di kelas, sumber ajar apa saja yang biasa digunakan?					
Apakah Anda pernah menggunakan <i>e-modul</i> dalam pembelajaran di kelas sebelumnya		Ya		Tidak	
Pernahkah Anda mendengar istilah pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (ESD) sebelumnya?		Ya		Tidak	
Jika ya, menurut Anda seberapa penting ESD dalam kurikulum sekolah?	Sangat penting	Cukup penting	Kurang penting	Tidak penting	
Apakah Anda sudah memiliki pengetahuan yang memadai		Ya		Tidak	

mengenai ESD dalam proses pembelajaran?					
Apakah topik energi rendah karbon sesuai untuk pembelajaran IPA berbasis ESD?		Ya			Tidak
Seberapa sering Anda mencoba mengintegrasikan konsep ESD dalam proses pembelajaran?	Sering	Kadang-kadang	Jarang		Tidak pernah
Apakah Anda merasa bahwa bahan ajar yang digunakan sudah mencakup konsep ESD?		Ya			Tidak
Menurut Anda apakah penggunaan <i>E-modul</i> dapat meningkatkan literasi sains siswa?		Ya			Tidak
Apakah Anda memerlukan pelatihan tambahan untuk mengintegrasikan ESD dalam pembelajaran IPA?		Ya			Tidak
Seberapa besar minat Anda dalam menggunakan <i>e-modul</i> berbasis ES dalam proses pembelajaran?	Sangat berminat	Cukup berminat	Kurang berminat		Tidak berminat

### 3.5.2 Lembar Kelayakan *E-modul*

Lembar kelayakan *e-modul* terdiri dari kelayakan, uji keterampilan, dan praktikalitas *e-modul*. Lembar kelayakan dinilai dari aspek materi, literasi sains, dan komponen ESD, aspek penyajian (tampilan), dan aspek kebahasaan yang dilakukan oleh ahli. Uji keterampilan dilakukan untuk menilai teks yang berada dalam *e-modul* oleh peserta didik. Lembar praktikalitas dinilai oleh praktisi Pendidikan.

### 3.5.2.1 Lembar Penilaian Ahli

Lembar penilaian oleh ahli digunakan untuk menilai produk yang telah dikembangkan, yaitu *e-modul*. Berdasarkan pedoman dari Depdiknas (2008) penilaian oleh ahli materi mencakup evaluasi terhadap validitas konten, termasuk kelayakan isi dan aspek kebahasaan yang telah disesuaikan dengan konteks penelitian. Sementara itu, ahli media mengevaluasi aspek kegrafikan yang juga telah dimodifikasi untuk memenuhi kebutuhan spesifik penelitian. Instrumen penilaian yang digunakan berasal dari penilaian modul ajar yang telah diadaptasi, dan rubrik angket penelitian disusun berdasarkan aspek-aspek tersebut.

#### a. Penilaian Ahli Materi

**Tabel 3. 3 Rubrik lembar penilaian ahli materi**

Kriteria	Aspek Penilaian	Item Tes
Kelayakan Isi Materi	Kesesuaian dan Keakuratan Materi	1,2,3,4,5,6,7,8
	Komponen ESD	9,10,11,12,13,14,15,16,17
	Komponen Literasi Sains	18,19,20

#### b. Penilaian Ahli Bahasa

**Tabel 3. 4 Rubrik lembar penilaian ahli Bahasa**

Kriteria	Aspek Penilaian	Item Test
Kelayakan Bahasa	Komunikatif	1,2,3,4
	Lugas	5,6
	Interaktif	7,8

Kesesuaian dengan peserta didik	9,10
---------------------------------	------

c. Penilaian Ahli Media

**Tabel 3. 5 Rubrik lembar penilaian ahli Media**

Kriteria	Aspek Penilaian	Item Test
Kelayakan Media	Sampul	1,2,3
	Tampilan isi (tata letak gambar dan font, kesesuaian, dsb)	4,5,6,7,8,9,10,11,12

**3.5.2.2 Lembar Uji Keterpahaman *E-modul***

Lembar uji keterpahaman *e-modul* dilakukan dengan menilai keterbacaan dan keterpahaman peserta didik atas teks yang tersedia di dalam *e-modul*. Lembar uji terdiri dari beberapa pertanyaan mengenai kategori tingkat kesulitan paragraf, gagasan utama dari paragraf, kalimat yang sulit dipahami, dan kata yang sulit/tidak dipahami oleh peserta didik. Skor dinilai dari penulisan gagasan utama dari setiap paragraf yang tertera pada *e-modul* dengan penilaian seperti yang tertera pada Tabel 3.6. Hasil uji keterpahaman diperoleh dengan menghitung persentase sebagai berikut:

$$\frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Total skor}} \times 100\%$$

Persentase yang telah dihitung kemudian dikategorikan berdasarkan kategori rendah, sedang, dan tinggi sebagaimana tertera pada Tabel 3.7.

**Tabel 3. 6 Rubrik Lembar Uji Keterpahaman *E-modul***

Lembar Uji	Penilaian	
	Kunci	Skor
Penulisan Gagasan Utama	Benar	1
	Salah	0

**Tabel 3. 7 Interpretasi Hasil Uji Keterpahaman**

Persentase Ketercapaian	Kategori
$0 < X \leq 40\%$	Rendah
$40\% < X \leq 60\%$	Sedang
$X > 60\%$	Tinggi

### 3.5.2.3 Lembar Praktikalitas

Lembar penilaian praktikalitas menilai beberapa aspek, seperti daya tarik, materi, bahasa, dan penggunaan *e-modul*, yang disusun berdasarkan pedoman dari Kemendiknas (2008). Lembar penilaian ini dirancang untuk memperoleh perspektif komprehensif dari para praktisi Pendidikan mengenai kelayakan dan efektivitas modul ajar yang dikembangkan. Kisi-kisi lembar penilaian praktikalitas terdapat pada Tabel 3.8.

**Tabel 3. 8 Rubrik Lembar Praktikalitas**

Aspek Penilaian	Nomor Item
Daya Tarik	1,2,3,4
Materi	5,6,7,8,9,10
Bahasa	11,12,13,14
Penggunaan	16

### 3.5.3 Tes Kemampuan Literasi Sains

Tes literasi sains yang digunakan dalam penelitian ini berupa soal pilihan ganda dengan empat opsi jawaban, yang disusun berdasarkan indikator yang telah ditetapkan. Tes ini diberikan dua kali, yaitu sebagai *pretest* dan *posttest* dengan format yang sama, untuk mengukur perubahan kemampuan literasi sains peserta didik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan *e-modul* berbasis ESD pada materi energi rendah karbon. Penyusunan soal tes mengacu pada domain dan kompetensi literasi sains sebagaimana dirumuskan dalam PISA 2025. Terdapat 25 soal pilihan ganda yang mewakili kompetensi menjelaskan fenomena secara ilmiah, menyusun dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah secara kritis, dan meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan perilaku. Peta sebaran soal atau kisi-kisi dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut ini.

**Tabel 3. 9 Kisi – Kisi Soal Literasi Sains**

Domain Kompetensi	Nomor Soal	Jumlah Soal
Menjelaskan fenomena ilmiah	1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 13, 19, 21	10
Membuat dan mengevaluasi desain untuk penyelidikan ilmiah dan menafsirkan data dan bukti ilmiah secara kritis	8, 7, 11, 12, 14, 15, 22, 23, 24, 25	10
Meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan perilaku	6, 16, 17, 18, 20	5
<b>Total Jumlah Butir Soal</b>		<b>25</b>

### 3.5.4 Kuesioner Kesadaran Keberlanjutan

Instrumen *Sustainability Awareness* (Kesadaran Keberlanjutan) pada penelitian ini dibuat dalam bentuk kuisisioner dengan judul *Sustainability Consciousness Questionnaire* (SCQ) yang diadopsi dari Gericke et al. (2019) dan kemudian

disesuaikan dengan tema yang diangkat oleh peneliti yakni Bioteknologi. SCQ dirumuskan dengan mempertimbangkan konstruksi psikologis (aspek pengetahuan, sikap dan perilaku) dan tiga pilar utama Sustainable Development Goals (SDGs) yakni dimensi lingkungan, sosial, dan ekonomi. Kuisisioner terdiri dari 26 pernyataan dalam format skala Likert 4 pilihan. Jawaban dari item pernyataan dinilai menggunakan skala Likert dengan skor 1-2 dimana skor 1 artinya “sangat tidak sesuai”, skor 2 artinya “tidak sesuai”, skor 3 artinya “sesuai”, dan skor 4 artinya “sangat sesuai”.

- a. Rubrik Asesmen Kuisisioner Kesadaran Keberlanjutan (*Sustainability Awareness*)

**Tabel 3. 10 Rubrik Kuisisioner Kesadaran Keberlanjutan (SA)**

Aspek Konstruksi Psikologis	Dimensi SDGs	Indikator	Nomor Item	Jumlah
Pengetahuan	Lingkungan	Pengetahuan peserta didik berkaitan dengan <i>sustainability awareness</i> pada dimensi lingkungan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.	1, 2, 3, 4, 5	5
	Sosial	Pengetahuan peserta didik berkaitan dengan <i>sustainability awareness</i> pada dimensi sosial untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.	6, 7, 8	3
	Ekonomi	Pengetahuan peserta didik berkaitan dengan <i>sustainability awareness</i> pada dimensi ekonomi untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.	9, 10	2
Sikap	Lingkungan	Sikap peserta didik berkaitan dengan <i>sustainability awareness</i> pada dimensi lingkungan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.	11, 12, 13	3
	Sosial	Sikap peserta didik berkaitan dengan <i>sustainability awareness</i> pada dimensi sosial untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.	14, 15, 16	3
	Ekonomi	Sikap peserta didik berkaitan dengan <i>sustainability awareness</i> pada dimensi ekonomi untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.	17, 18, 19	3
Perilaku	Lingkungan	Perilaku peserta didik berkaitan dengan <i>sustainability awareness</i> pada dimensi lingkungan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.	20, 21, 22, 23	4

Sosial	Perilaku peserta didik berkaitan dengan <i>sustainability awareness</i> pada dimensi sosial untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.	24, 25	2
Ekonomi	Perilaku peserta didik berkaitan dengan <i>sustainability awareness</i> pada dimensi ekonomi untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.	26	1
Jumlah			26

b. Asesmen Kesadaran Keberlanjutan (*Sustainability Awareness*)

**Tabel 3. 11 Kisi – Kisi Asesmen Kesadaran Keberlanjutan**

Aspek KP	Dimensi SDGs	Pernyataan	No
Pengetahuan	Lingkungan	Mengurangi konsumsi air secara berlebihan merupakan wujud perilaku mendukung pembangunan berkelanjutan (SDGs).	1
		Melestarikan keberagaman makhluk hidup diperlukan untuk pembangunan berkelanjutan (SDGs).	2
		Pengetahuan mengenai mitigasi bencana alam (cara melindungi diri dari bencana alam) perlu dikuasai sebagai wujud mendukung SDGs.	3
		Saya tau manfaat dari bank makanan.	4
		Mengonsumsi <i>real food</i> lebih sehat dan enak dibandingkan <i>junk food</i> .	5
	Sosial	Penyelesaian masalah dengan berdiskusi dan musyawarah merupakan wujud sikap mendukung SDGs.	6
		Menghormati hak asasi orang lain (HAM) merupakan wujud sikap mendukung SDGs.	7
		Semua orang berhak mendapatkan akses pendidikan yang baik merata dan menyeluruh merupakan bentuk dukungan terhadap SDGs.	8
	Ekonomi	Pembangunan Berkelanjutan membutuhkan sidtriusi barang dan jasa yang adil di antara orang-orang di dunia.	9
		Menghaouskan kemiskinan adalah hal penting untuk mewujudkan SDGs.	10
Sikap	Lingkungan	Menurut saya menggunakan lebih banyak sumber daya alam daripada yang kita butuhkan tidak mengancam kesejahteraan di masa depan.	11
		Menurut saya mengurangi penggunaan wadah sekali pakai tidak mendukung tujuan SDGs.	12
		Menurut saya, siswa dapat mengambil perilaku dalam mengurangi permasalahan yang berhubungan dengan perubahan iklim.	13
	Sosial	Menurut saya perempuan dan laki-laki di seluruh dunia berhak diberi kesempatan yang sama untuk pendidikan dan pekerjaan.	14

		Menurut saya setiap orang berhak diberi kesempatan untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk hidup secara berkelanjutan.	15
		Menurut saya kita harus memastikan bahwa orang di masa depan bisa menikmati kualitas hidup yang sama seperti kita hari ini.	16
	Ekonomi	Menurut saya menggunakan kendaraan umum dibandingkan kendaraan pribadi dapat mendukung tujuan SDGs.	17
		Menurut saya perusahaan memiliki tanggung jawab untuk mengurangi penggunaan kemasan dan barang sekali pakai.	18
		Menurut saya mengkonsumsi makanan sesuai dengan kebutuhan tubuh kita merupakan perilaku yang mendukung tujuan SDGs.	19
Perilaku	Lingkungan	Saya mendukung organisasi bantuan (volunteer) atau kelompok pecinta lingkungan.	20
		Saya selalu memisahkan sampah makanan sebelum membuang sampah ketika ada kesempatan.	21
		Saya telah mengubah gaya hidup pribadi saya untuk mengurangi limbah (misalnya, membuang lebih sedikit makanan atau tidak membuang-buang bahan).	22
		Saya bersepeda agar dapat mendukung tujuan SDGs.	23
	Sosial	Ketika saya menggunakan komputer atau ponsel untuk mengobrol, mengirim pesan, bermain game, dan sebagainya, saya selalu memperlakukan orang lain dengan hormat seperti dalam kehidupan nyata.	24
		Saya mau mencoba makanan tradisional karena dapat melestarikan budaya dan mendukung tujuan SDGs.	25
	Ekonomi	Saya membeli barang layak pakai (thrift) melalui internet atau di toko bisa mendukung tujuan SDGs.	26

### 3.6 Instrumen Penelitian Kualitatif

#### 3.6.1 Lembar Observasi Pembelajaran

Lembar observasi pembelajaran digunakan peneliti untuk mengobservasi kegiatan pembelajaran di kelas, termasuk respon siswa terhadap penggunaan *e-modul* berbasis ESD yang telah dikembangkan. Lembar observasi merupakan salah satu data kualitatif yang bertujuan untuk melengkapi perolehan data kuantitatif melalui tes literasi sains dan angket kesadaran keberlanjutan. Observasi dilakukan oleh peneliti sendiri dengan memberikan skor dan catatan selama proses pembelajaran dilakukan. Skor mengacu pada keterlibatan aktif siswa dalam aspek pengamatan dengan indikator; 1 untuk siswa “belum terlibat”, 2 untuk siswa “cukup terlibat”, 3 untuk siswa “terlibat”, dan 4 untuk “sangat terlibat”. Rubrik observasi dapat dilihat pada Tabel 3.12 berikut.

**Tabel 3. 12 Rubrik Lembar Observasi Pembelajaran**

KEGIATAN SISWA	ASPEK PENGAMATAN	INDIKATOR	Skor			
			1	2	3	4
Membuat infografis mengenai krisis energi dan dampak krisis energi terhadap lingkungan, sosial, dan ekonomi	Keterlibatan Aktif Siswa	Siswa aktif membaca, berdiskusi, dan menjawab pertanyaan				
	Pemanfaatan <i>e-modul</i> secara optimal	Siswa mengikuti alur <i>e-modul</i> , membuka fitur, dan mengakses tautan				
Melakukan debat edukatif dengan tema seputar energi rendah karbon, emis-jenis energi rendah karbon, dan gaya hidup berkelanjutan dengan energi rendah karbon	Interaksi dengan teman/guru	Terjadi dialog, kolaborasi, atau diskusi yang dipicu oleh <i>e-modul</i>				
	Pemahaman terhadap konsep energi rendah karbon	Siswa menunjukkan pemahaman terhadap konsep melalui aktivitas/tanggapan				
Melakukan eksperimen mengenai energi rendah karbon	Respons terhadap nilai keberlanjutan (ESD)	Siswa menunjukkan sikap peduli, reflektif, atau solusi terhadap isu				
	Kreativitas dan partisipasi dalam tugas atau proyek	Siswa menunjukkan ide kreatif saat diminta merancang solusi/poster dsb.				
Membuat poster penggunaan energi	Refleksi atau pertanyaan kritis	Siswa mengajukan pertanyaan reflektif				

rendah karbon untuk kampanye energi rendah karbon		atau menunjukkan keingintahuan
	Kendala teknis/pedagogis	Apakah ada hambatan penggunaan <i>e-modul</i> atau dinamika kelas yang menonjol

### 3.6.2 Lembar Refleksi Siswa

Lembar refleksi siswa digunakan sebagai salah satu instrumen kualitatif dalam penelitian ini untuk menggali pengalaman, pemahaman, dan perubahan pandangan siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan *e-modul* berbasis *ESD* pada tema energi rendah karbon. Refleksi siswa memberikan informasi tentang bagaimana siswa memaknai proses pembelajaran, bagian mana dari *e-modul* yang paling menarik atau membekas, serta sejauh mana pembelajaran memengaruhi kesadaran mereka terhadap isu energi dan keberlanjutan. Selain itu, lembar refleksi juga menggali sikap, nilai, dan niat tindakan siswa terkait dengan praktik hidup berkelanjutan.

Format lembar refleksi terdiri dari enam pertanyaan terbuka yang mencakup aspek kognitif (apa yang dipelajari), afektif (perasaan terhadap pembelajaran), serta sikap terhadap keberlanjutan (rencana aksi atau perubahan pandangan). Data dari lembar refleksi ini dianalisis secara kualitatif dengan pendekatan analisis tematik, untuk mengidentifikasi pola-pola pemikiran, perasaan, dan sikap siswa yang relevan dengan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan.

### 3.6.3 Angket Tanggapan Siswa

Angket tanggapan siswa merupakan instrumen kualitatif yang dirancang untuk mengetahui kesan, persepsi, dan pengalaman siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan *e-modul* berbasis *ESD* pada tema energi rendah karbon. Instrumen ini bertujuan untuk memperoleh

pemahaman yang lebih mendalam tentang efektivitas *e-modul* dari sudut pandang siswa sebagai pengguna langsung.

Angket ini terdiri 12 pernyataan yang mengukur persepsi siswa terhadap aspek keterbacaan, kejelasan isi, daya tarik, interaktivitas, keterlibatan belajar, dan dorongan untuk bertindak sesuai nilai-nilai keberlanjutan. Siswa diminta memberikan penilaian terhadap setiap pernyataan dengan memilih salah satu dari empat pilihan jawaban, yaitu Sangat Setuju, Setuju, Tidak Setuju, atau Sangat Tidak Setuju. Rubrik angket persepsi siswa dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut.

**Tabel 3. 13 Rubrik Angket Tanggapan Siswa**

No	Pernyataan	Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
1	Sustainability Awareness Saya merasa <i>e-modul</i> ini menarik dan mudah dipahami.				
2	<i>E-modul</i> ini membantu saya memahami konsep energi rendah karbon dan keberlanjutan.				
3	Saya merasa lebih peduli terhadap isu lingkungan setelah belajar menggunakan <i>e-modul</i> ini.				
4	Saya merasa terdorong untuk melakukan tindakan nyata dalam mendukung keberlanjutan.				
5	Saya merasa lebih aktif dan terlibat dalam pembelajaran ketika menggunakan <i>e-modul</i> ini.				

6		Tampilan dan alur <i>e-modul</i> memudahkan belajar mandiri.
7	Literasi Sains	Saya dapat menghubungkan isi <i>e-modul</i> dengan masalah nyata di lingkungan sekitar saya. (Kontekstualisasi)
8		Saya merasa lebih mudah menjelaskan kembali konsep ilmiah dalam <i>e-modul</i> kepada orang lain.
9		<i>E-modul</i> ini membantu saya mengembangkan cara berpikir kritis dan logis terhadap isu energi.
10		Saya merasa mampu membuat pilihan atau keputusan yang lebih ramah lingkungan setelah mempelajari <i>e-modul</i> ini.
11		Saya merasa terbantu memahami langkah-langkah penyelidikan ilmiah setelah belajar dengan <i>e-modul</i> ini.
12		Saya dapat membaca dan menafsirkan data atau informasi ilmiah (grafik, tabel, gambar) yang disajikan dalam <i>e-modul</i> .

#### **PERTANYAAN TANGGAPAN**

1. Apakah sebelumnya sudah pernah melakukan pembelajaran dengan *e-modul*?
2. Apa saranmu agar *e-modul* ini bisa lebih baik di masa depan?

### 3.7 Analisis Instrumen Penelitian Kuantitatif

#### 3.7.1 Validasi Empirik

Validasi instrument penelitian melibatkan proses memeriksa kesesuaian antara instrument yang digunakan dengan tujuan penelitian. Menurut Creswell & Poth (2018), Validasi instrumen dapat dilakukan dengan meminta pihak lain untuk meninjau instrumen yang telah dibuat atau dengan menggunakan sumber data yang sama guna memastikan keakuratan informasi. Salah satu teknik yang umum digunakan untuk menguji kesesuaian instrumen adalah analisis korelasi produk, yang mengukur hubungan antara dua variabel. Rumus yang digunakan untuk menghitung koefisien korelasi Pearson (product moment) adalah:

$$r_{xy} = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{x})^2 \sum(Y - \bar{y})^2}}$$

Di mana  $r_{xy}$  adalah koefisien korelasi antara variabel  $X$  dan  $Y$ ,  $n$  adalah jumlah siswa,  $X$  adalah skor suatu butir soal, dan  $Y$  adalah skor total yang diperoleh siswa. Setelah nilai koefisien korelasi diperoleh, validitas butir soal dapat dianalisis lebih lanjut dengan membandingkannya dengan nilai  $r$  tabel, yang memerlukan penentuan derajat kebebasan ( $df = n - 2$ ) dan tingkat signifikansi 0,05. Nilai  $r$  kemudian dikonsultasikan dengan  $r_{kritis}$  dimana apabila  $r_{hitung}$  lebih besar dari  $r_{tabel}$  maka butir soal tersebut valid, dan sebaliknya. Interpretasi hasil korelasi dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut.

**Tabel 3. 14 Interpretasi Nilai Validitas Butir Soal**

Nilai validitas item	Kriteria
$r_{hitung} \geq r_{tabel}$	Valid

---

$$r_{hitung} \leq r_{tabel}$$

---

Tidak Valid

### 3.7.2 Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk menentukan tingkat keterpercayaan suatu instrument tes dengan memastikan bahwa hasilnya konsisten dan stabil (Fraenkel et.al., 2012). Instrumen tes dianggap layak digunakan jika menunjukkan karakteristik kestabilan hasilnya. Dalam penelitian ini, uji reliabilitas dilakukan menggunakan metode konsistensi internal dengan rumus Alpha Cronbach, yang diberikan oleh:

$$r_{kk} = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2}\right)$$

Di mana  $r_{kk}$  adalah reliabilitas instrument,  $k$  adalah jumlah butir pertanyaan atau soal,  $\sum \sigma_b^2$  adalah jumlah varian butir/item, dan  $\sigma_t^2$  adalah varian total. Interpretasi nilai reliabilitas dapat dilihat pada tabel 3.15 berikut.

**Tabel 3. 15 Interpretasi nilai Reliabilitas**

Nilai $r_{kk}$	Kriteria
0,80 – 1,00	Sangat tinggi
0,60 – 0,79	Tinggi
0,40 – 0,59	Cukup
0,20 – 0,39	Rendah
0,00 – 0,19	Sangat Rendah

### 3.7.3 Tingkat Kesukaran

Pertanyaan yang baik dalam konteks evaluasi Pendidikan harus memiliki tingkat kesulitan yang seimbang, tidak terlalu mudah dan tidak terlalu sulit. Idealnya, pertanyaan tersebut mengikuti distribusi normal, di

mana Sebagian besar pertanyaan berada di kategori sedang, dengan proporsi yang seimbang antara pertanyaan mudah dan sulit. Anderson & Krathwohl (2001) menyebutkan keseimbangan dalam tingkat kesulitan pertanyaan sangat penting untuk memastikan bahwa siswa dapat menunjukkan kemampuan mereka secara optimal. Dengan demikian, keseimbangan dalam tingkat kesulitan pertanyaan merupakan faktor kunci dalam desain evaluasi pendidikan yang efektif. Kategori dalam tingkat kesukaran digolongkan pada tiga jenis sebagaimana yang terdapat pada Tabel 3.16 berikut.

**Tabel 3. 16 Kategori Tingkat Kesukaran**

<b>Nilai Kesukaran</b>	<b>Kategori</b>
0,00 – 0,30	Sulit
0,30 – 0,70	Sedang
0,70 – 1,00	Mudah

### **3.7.4 Daya Pembeda**

Daya pembeda suatu item merujuk pada kemampuan item tersebut untuk dapat dijawab dengan benar oleh peserta didik yang memiliki kualitas tertentu dan dijawab salah oleh peserta didik yang memiliki kualitas rendah dalam bidang yang sama. Daya pembeda ini dapat digunakan untuk melihat perbedaan antara kelompok peserta didik dan membedakan kemampuan peserta didik (Cohen et al., 2002). Jika suatu item menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok siswa, maka item tersebut dikategorikan sebagai item dengan daya pembeda tinggi. Sebaliknya, jika tidak, maka item tersebut dikategorikan sebagai item dengan daya pembeda rendah. Tabel 3.17 menunjukkan kategori dari nilai daya pembeda.

**Tabel 3. 17 Kategori Daya Pembeda**

<b>Nilai D</b>	<b>Kualitas</b>	<b>Rekomendasi</b>
> 0,39	Sangat Baik	Dipertahankan
0,30 – 0,39	Baik	Perlu Peningkatan
0,20 – 0,29	Cukup	Perlu Diperiksa
0,00 – 0,19	Kurang	Dibuang atau Ditinjau Mendalam
< -0,01	Kurang Sekali	Pasti Dibuang

### **3.8 Teknik Analisis Instrumen**

Pengolahan data dalam menganalisis hasil instrument yang dilakukan dalam penelitian dengan model *mixed method* melibatkan dua jenis teknik pengolahan data, yaitu analisis data secara kuantitatif dan analisis data secara kualitatif.

#### **3.8.1 Teknik Analisis Data Kuantitatif**

Data kuantitatif dalam penelitian ini meliputi hasil uji coba instrumen, nilai *pretest* dan *posttest*, serta hasil evaluasi produk yang diberikan oleh validator ahli media, bahasa, dan materi. Seluruh data tersebut digunakan sebagai dasar dalam pengembangan *e-modul* yang ditujukan untuk meningkatkan literasi sains dan kesadaran akan keberlanjutan pada peserta didik.

##### **3.8.1.1 Analisis Lembar Penilaian *E-modul***

Analisis terhadap lembar penilaian produk dilakukan menggunakan skala Likert, yang sering digunakan dalam penelitian pendidikan untuk mengukur sikap. Skala ini menggambarkan respons individu terhadap sejumlah pernyataan dengan menunjukkan tingkat persetujuan, di mana setiap opsi jawaban diberikan skor numerik (Fraenkel et al., 2012). Dalam lembar penilaian ini pilihan tanggapan disusun menggunakan skala Likert

yang telah disesuaikan, di mana setiap pilihan jawaban diberi skor untuk memastikan validator memberikan jawaban yang sesuai dengan penilaiannya. Lembar penilaian dirancang dengan pernyataan positif yang sesuai dengan kategori positif pada skala Likert, sehingga skor tertinggi diberikan untuk jawaban yang paling positif seperti pada Tabel 3.18 berikut ini.

**Tabel 3. 18 Bobot Pernyataan Validitas *E-modul***

Pernyataan	Bobot
Ya	1
Tidak	0

Skor hasil penilaian kemudian dihitung menggunakan analisis skala (1-100) menggunakan rumus berikut:

$$V = \frac{X}{Y} \times 100\%$$

dengan keterangan bahwa  $V$  adalah nilai validitas *e-modul*,  $X$  skor yang diperoleh dari hasil penilaian *e-modul*, dan  $Y$  skor maksimum hasil penilaian *e-modul*. Nilai validitas *e-modul* kemudian dikategorikan berdasarkan kategori yang tertera pada Tabel 3.19.

**Tabel 3. 19 Tabel Kategori Kelayakan *E-modul***

Nilai validitas (%)	Kategori
$V \leq 20$	Tidak layak
$20 < V \leq 40$	Kurang layak
$40 < V \leq 60$	Cukup layak
$60 < V \leq 80$	Layak
$V > 80$	Sangat layak

### 3.8.1.2 Analisis Data Kemampuan Literasi Sains

Kemampuan literasi sains peserta didik dianalisis dengan menghitung skor mentah yang diperoleh sebelum dan setelah pelaksanaan pembelajaran menggunakan *e-modul* di kelas. Melalui cara ini, dapat terlihat perbandingan kemampuan kognitif peserta didik sebelum dan sesudah diberikan intervensi pembelajaran. Penelitian ini berfokus pada satu kelas untuk menganalisis perubahan kemampuan literasi sains.

Uji normalitas dilakukan dengan tujuan menentukan apakah data penelitian mengikuti distribusi normal. Dalam penelitian ini, uji Shapiro-Wilk digunakan karena jumlah sampel penelitian kurang dari 50 partisipan. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS 22. Untuk menentukan karakter distribusi data maka digunakan uji Shapiro-Wilk dengan taraf signifikansi 0,05 dengan ketentuan pengambilan seputusan sebagai berikut:

- 1) Jika nilai signifikansi Shapiro-Wilk  $> 0,05$ , maka data dianggap berdistribusi normal.
- 2) Jika nilai signifikansi Shapiro-Wilk  $< 0,05$ , maka data dianggap tidak berdistribusi normal. (Field, 2018)

Pengujian hipotesis pada penelitian ini didasarkan pada data peningkatan kemampuan literasi sains yang diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest*. Apabila data berdistribusi normal, maka digunakan uji-t untuk menguji hipotesis; sebaliknya, jika data tidak berdistribusi normal, maka digunakan uji Wilcoxon (Field, 2018). Dalam penelitian ini, terdapat dua hipotesis yang diuji, yaitu hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ), yang selalu dirumuskan secara berpasangan (Kerlinger, 2000).

Pengambilan keputusan hipotesis berdasarkan taraf signifikansi 0,05 dengan ketentuan berikut:

- 1) Jika nilai signifikansi  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima
- 2) Jika nilai signifikansi  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak

Berdasarkan ketentuan dalam pengujian hipotesis, apabila  $H_0$  diterima, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai sebelum dan sesudah pembelajaran dengan intervensi menunjukkan perbedaan. Sebaliknya, jika  $H_0$  ditolak, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan rata-rata antara hasil *pretest* dan *posttest*. Selanjutnya, peningkatan kemampuan literasi sains dapat dihitung dari selisih nilai sebelum dan sesudah pembelajaran (intervensi).

Peningkatan kemampuan literasi sains dapat diukur dengan menghitung gain dan N-gain pada hasil tes literasi sains. N-gain, atau gain yang telah dinormalisasi, digunakan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan interpretasi dalam menilai besarnya peningkatan yang diperoleh (Hake, 1999). Perhitungan N-gain dapat dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$N - gain = \frac{\%posttest - \%pretest}{100 - \%pretest}$$

Menurut (Hake, 1999) hasil *N-gain* dapat dikategorikan menjadi tiga kategori yang dapat dilihat pada Tabel 3.20. Kategori ini digunakan untuk menilai seberapa besar peningkatan kemampuan literasi sains peserta didik setelah suatu intervensi atau pembelajaran.

**Tabel 3. 20 Kategori Hasil N-gain**

Nilai N-gain	Kategori
$N-gain > 0,70$	Tinggi
$0,30 < N-gain \leq 0,70$	Sedang
$N-gain < 0,70$	Rendah

### 3.8.1.3 Analisis Data Kesadaran Keberlanjutan

Analisis terhadap nilai kesadaran keberlanjutan peserta didik dilakukan berdasarkan hasil kuesioner yang menggunakan skala Likert empat poin. Skala Likert merupakan instrumen psikometrik yang meminta peserta didik untuk memilih salah satu opsi yang paling mencerminkan keyakinan mereka. Penilaian skor pada skala Likert dilakukan sesuai dengan ketentuan yang tercantum pada Tabel 3.21. Hasil skor yang di dapatkan kemudian dihitung menggunakan rumus berikut untuk mendapatkan persentase profil kesadaran keberlanjutan:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100\%$$

**Tabel 3. 21 Bobot Kuesioner Kesadaran Keberlanjutan**

Opsi Pilihan	Bobot	
	Positif	Negatif
Sangat Setuju	4	1
Setuju	3	2
Tidak Setuju	2	3
Sangat Tidak Setuju	1	4

Hasil persentase dari perhitungan kemudian dikategorikan berdasarkan kriteria yang tertera pada tabel 3.22 berikut.

**Tabel 3. 22 Kategori Kesadaran Keberlanjutan**

Persentase	Kategori
86 – 100%	Sangat baik
76 -85%	Baik

60 – 75 %	Cukup baik
55 – 59%	Kurang baik
<55%	Sangat kurang baik

Uji normalitas juga dilakukan pada data ini untuk memastikan apakah distribusi data penelitian sesuai dengan distribusi normal. Pengujian dilakukan menggunakan Shapiro-Wilk karena jumlah partisipan kurang dari 50 orang, dan analisis dilakukan dengan perangkat lunak SPSS 22. Untuk menentukan karakter distribusi data, digunakan uji Shapiro-Wilk dengan taraf signifikansi 0,05. Dasar pengambilan keputusan adalah sebagai berikut:

- 3) Jika nilai signifikansi Shapiro-Wilk  $> 0,05$ , maka data dianggap berdistribusi normal.
- 4) Jika nilai signifikansi Shapiro-Wilk  $< 0,05$ , maka data dianggap tidak berdistribusi normal. (Field, 2018).

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini didasarkan pada data peningkatan kemampuan literasi sains yang diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest*. Apabila data terdistribusi normal, maka pengujian hipotesis dilakukan menggunakan uji-t; namun jika data tidak berdistribusi normal, maka digunakan uji Wilcoxon (Field, 2018). Penelitian ini menguji dua hipotesis, yaitu hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ), yang selalu dirumuskan secara berpasangan (Kerlinger, 2000).

Keputusan hipotesis diambil dengan taraf signifikansi 0,05 dengan ketentuan berikut:

- 3) Jika nilai signifikansi  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima
- 4) Jika nilai signifikansi  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak

Berdasarkan aturan dalam pengujian hipotesis, apabila  $H_0$  diterima, maka dapat disimpulkan rata-rata nilai sebelum dan sesudah pembelajaran dengan intervensi berbeda. Sebaliknya, jika  $H_0$  ditolak, maka tidak ditemukan perbedaan rata-rata antara hasil *pretest* dan *posttest*. Setelah itu, peningkatan kesadaran keberlanjutan dapat dihitung dari selisih nilai sebelum dan sesudah pembelajaran (intervensi).

Untuk menilai peningkatan kesadaran keberlanjutan, dapat dilakukan perhitungan gain dan N-gain dari data kuesioner yang diperoleh. N-gain, yang merupakan hasil normalisasi dari gain, berfungsi untuk mengurangi potensi kesalahan dalam menginterpretasikan besarnya peningkatan yang terjadi (Hake, 1999). Perhitungan *N-gain* dapat dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$N - gain = \frac{\%posttest - \%pretest}{100 - \%pretest}$$

Menurut (Hake, 1999) hasil *N-gain* dapat dikategorikan menjadi tiga kategori yang dapat dilihat pada Tabel 3.21. Kategori ini digunakan untuk menilai seberapa besar peningkatan kemampuan literasi sains peserta didik setelah suatu intervensi atau pembelajaran.

**Tabel 3. 23 Kategori Hasil N-gain**

Nilai N-gain	Kategori
$N-gain > 0,70$	Tinggi
$0,30 < N-gain \leq 0,70$	Sedang
$N-gain < 0,70$	Rendah

### 3.8.1.4 Analisis Hubungan Kemampuan Literasi Sains dengan Kesadaran Keberlanjutan

Analisis hubungan antara dua variabel, yakni variabel kemampuan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan, dilakukan setelah proses

pengujian masing-masing variabel telah rampung dilakukan. Untuk menentukan apakah kedua variabel tersebut berhubungan dapat digunakan korelasi pearson. Korelasi Pearson dapat dihitung menggunakan rumus:

$$r = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{nS_X S_Y}$$

Di mana  $r$  adalah koefisien korelasi,  $X$  dan  $Y$  adalah nilai-nilai pada dua set data, dan  $n$  adalah jumlah total nilai (Minium et al., 1993). Nilai  $r$  digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai hubungan korelasi antara variabel kemampuan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan peserta didik. Untuk menafsirkan kekuatan korelasi, nilai  $r$  yang diperoleh dibandingkan dengan nilai kritis pada  $r$  tabel. Apabila  $r$  hitung lebih kecil daripada  $r$  tabel, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Analisis ini dapat dilakukan menggunakan SPSS 22 dengan prosedur Korelasi Pearson (Field, 2018).

### **3.8.2 Teknik Analisis Data Kualitatif**

Analisis data kualitatif dalam penulisan laporan dilakukan dengan memanfaatkan data yang berasal dari berbagai sumber, seperti dokumen hasil observasi langsung, lembar refleksi siswa, dan angket tanggapan siswa.

## **3.9 Validasi Instrumen**

### **3.9.1 Hasil Validasi Tes Literasi Sains**

Variabel yang diukur melalui uji coba instrumen antara lain adalah kesadaran keberlanjutan dan kemampuan literasi sains. Kemampuan literasi sains diukur melalui 25 butir soal yang mengcover domain konteks, pengetahuan, dan kompetensi dari literasi sains. Instrumen soal literasi sains direview oleh ahli untuk lalu diperbaiki berdasarkan saran dan masukan dari ahli. Setelah proses review dan perbaikan, instrumen diujicobakan di sekolah pada siswa yang telah mempelajari materi energi rendah karbon.

Analisis hasil uji coba dilakukan untuk mendapatkan nilai validitas, reliabilitas, daya pembeda, serta tingkat kesulitan dari setiap butir soal. Hasil validasi instrumen literasi sains tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.24.

**Tabel 3. 24 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Soal Literasi Sains**

Uji Validitas Butir Soal										
No Soal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Nilai r hitung</b>	0,413	0,566	0,471	0,525	0,518	0,387	0,324	0,504	0,705	0,647
<b>Nilai r tabel</b>	0,273									
<b>Ket.</b>	Valid									
<b>Daya Pembeda</b>	0,40	0,52	0,36	0,32	0,40	0,32	0,28	0,44	0,72	0,52
	Sangat Baik	Sangat Baik	Baik	Baik	Sangat Baik	Baik	Cukup	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik
<b>Tingkat Kesukaran</b>	0,28	0,54	0,58	0,84	0,76	0,76	0,70	0,62	0,48	0,74
	Sulit	Sedang	Sedang	Mudah	Mudah	Mudah	Mudah	Sedang	Sedang	Mudah
No Soal	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Nilai r hitung</b>	0,530	0,602	0,499	0,474	0,499	0,492	0,545	0,634	0,530	0,573
<b>Nilai r tabel</b>	0,273									
<b>Ket.</b>	Valid									
<b>Daya Pembeda</b>	0,48	0,44	0,44	0,36	0,40	0,40	0,52	0,64	0,40	0,44
	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik
<b>Tingkat Kesukaran</b>	0,60	0,74	0,62	0,82	0,76	0,48	0,34	0,56	0,36	0,78
	Sedang	Mudah	Sedang	Mudah	Mudah	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Mudah
No Soal	21	22	23	24	25					
<b>Nilai r hitung</b>	0,634	0,547	0,519	0,561	0,550					
<b>Nilai r tabel</b>	0,273									
<b>Ket.</b>	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid					
<b>Daya Pembeda</b>	0,56	0,40	0,32	0,52	0,36					
	Sangat Baik	Sangat Baik	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik					

<b>Tingkat Kesukaran</b>	0,56	0,72	0,32	0,54	0,62
	Sedang	Mudah	Sedang	Sedang	Sedang
<b>Uji Reliabilitas</b>					
	<b>Alpha Cronbach's</b>			<b>Keterangan</b>	
	0,896			Reliable	

### 3.9.2 Hasil Validasi Kuesioner Kesadaran Keberlanjutan

Kesadaran keberlanjutan diukur melalui instrumen berupa angket *Sustainability Conciousness Questionnaire (SCQ)* yang diadaptasi dari penelitian Gericke et al. (2019) yang telah dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan penelitian. Instrumen kuesioner kesadaran keberlanjutan direview oleh ahli untuk lalu diperbaiki berdasarkan saran dan masukan dari ahli. Setelah melalui tahap review dan revisi, instrumen kemudian diuji coba di sekolah pada siswa yang telah mempelajari materi energi rendah karbon. Analisis hasil uji coba dilakukan untuk memperoleh nilai validitas dan reliabilitas dari setiap item kuesioner. Hasil validasi instrumen kuesioner tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.25.

**Tabel 3. 25 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Kuesioner Kesadaran Keberlanjutan**

Uji Validitas Item Kuesioner											Uji Reliabilitas	
No Soal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Cronbach's Alpha	Ket.
<b>r hitung</b>	0,324	0,546	0,616	0,261	0,505	0,560	0,467	0,366	0,593	0,366		
<b>r tabel</b>	0,254											
<b>Ket.</b>	Valid											
No Soal	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
<b>r hitung</b>	0,552	0,657	0,687	0,644	0,713	0,587	0,674	0,372	0,537	0,500		
<b>r tabel</b>	0,254										0,833	Reliable
<b>Ket.</b>	Valid											
No Soal	21	22	23	24	25	26						
<b>r hitung</b>	0,698	0,412	0,398	0,585	0,624	0,702						
<b>r tabel</b>	0,254											
<b>Ket.</b>	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid						

### 3.10 Pengembangan *E-modul* Berbasis ESD

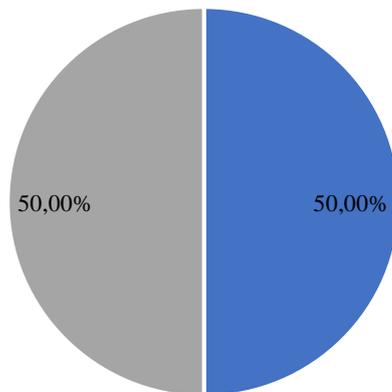
#### 3.10.1 Tahapan Pengembangan *E-modul*

Tahapan pengembangan *e-modul* pada penelitian ini terdiri dari empat tahapan init, yakni analisisn kebutuhan guru terhadap bahan ajar, analisis kurikulum, pembuatan draf *e-modul*, dan pembuatan desain *e-modul*. Tahapan-tahapan tersebut telah dijabarkan pada paragra berikut.

##### 3.10.1.1 Survey Kebutuhan Bahan Ajar

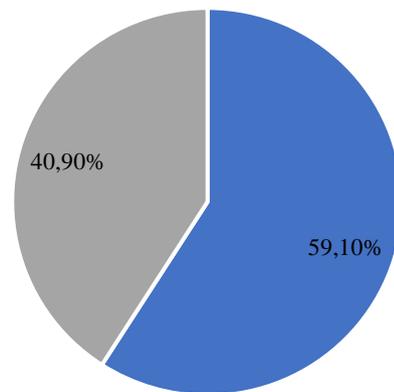
Pada tahap ini, peneliti melakukan analisis terhadap kebutuhan guru dalam proses pembelajaran. Proses ini melibatkan pengidentifikasian kebutuhan guru dan pengetahuan guru terhadap variabel yang akan diteliti yakni Education for Sustainable Development (ESD) dan literasi sains melalui angket yang disebarakan secara daring menggunakan GoogleForm kepada guru dan peserta didik. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memahami secara komprehensif kebutuhan yang harus dipenuhi agar proses

pembelajaran dapat berjalan efektif. Selain itu, analisis ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi celah (gap) yang ada dalam praktik pembelajaran saat ini dan menemukan aspek-aspek baru yang dapat diterapkan dalam penelitian.



■ Pernah ■ Belum Pernah

**Gambar 3.3** Hasil Survey Mengenai Pengetahuan Guru IPA Terhadap ESD



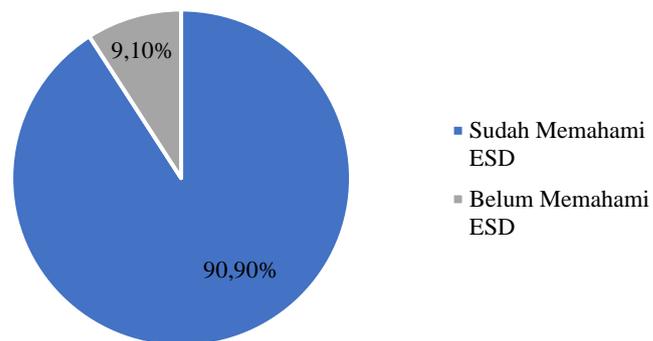
■ Sangat Penting ■ Cukup Penting

**Gambar 3.4** Hasil Survey Pentingnya ESD Dalam Kurikulum Sekolah

Hasil angket yang dikumpulkan menunjukkan bahwa dari 22 sampel guru IPA, pengetahuan guru terhadap Pendidikan Pembangunan Berkelanjutan (ESD) masih belum sepenuhnya diketahui oleh guru, khususnya dalam konteks pembelajaran IPA. Pada Gambar 3.5 yang disajikan menggambarkan bahwa sekitar 50% atau 11 orang guru IPA pernah mendengar istilah Pendidikan Pembangunan Berkelanjutan (ESD). Hal ini menunjukkan bahwa Pendidikan Pembangunan Berkelanjutan bukanlah hal yang asing bagi Guru IPA saat ini, tetapi masih ada kebutuhan untuk memperdalam pemahaman guru tentang konsepnya.

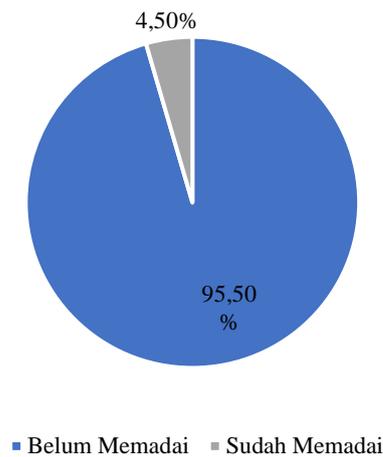
Hasil survey pada Gambar 3.4 menunjukkan bahwa Sebagian besar guru (59,1%) menganggap ESD sebagai komponen

yang sangat penting dalam kurikulum pembelajaran di sekolah, sementara 40,9% lainnya menyatakan bahwa ESD cukup penting untuk menjadi bagian dari kurikulum pembelajaran. Hal ini menunjukkan kesadaran yang tinggi di kalangan guru mengenai pentingnya integrasi ESD dalam proses pembelajaran. Sebagian guru sepakat bahwa nilai-nilai dalam Pendidikan pembangunan berkelanjutan sangat relevan untuk dikenalkan dan diajarkan pada siswa sekolah menengah pertama

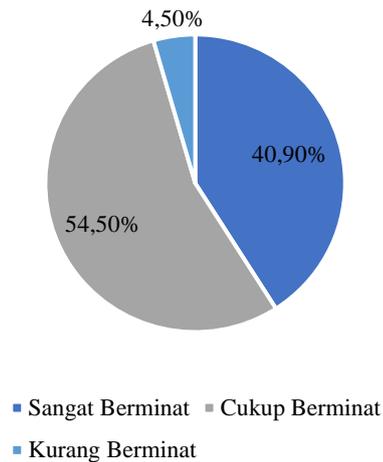


**Gambar 3.5 Hasil Survey Pemahaman Guru Terhadap ESD**

Namun, meskipun ESD dianggap penting, survey juga menggambarkan bahwa sebagian besar guru (90,9%) merasa belum memiliki pengetahuan yang memadai untuk mengintegrasikan ESD dalam pembelajaran (Gambar 3.5). Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan akan pelatihan dan Pendidikan lanjutan bagi guru untuk meningkatkan pemahaman mengenai ESD.



**Gambar 3. 6 Hasil Survey Bahan Ajar ESD**

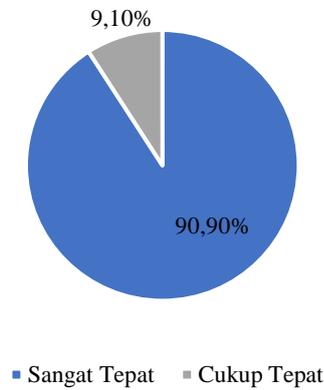


**Gambar 3. 7 Hasil Survey Peminatan Guru IPA untuk Menggunakan Bahan Ajar Berbasis ESD**

Pada Gambar 3.6 ditunjukkan hasil survey mengenai bahan ajar IPA yang selama ini digunakan oleh guru. Dapat dilihat Sebagian besar guru (95,5%) merasa bahwa bahan ajar saat ini belum mencakup konsep ESD di dalamnya. Adapun beberapa buku paket di sekolah yang menggunakan kurikulum internasional terdapat pengayaan yang mengajak peserta didik untuk memiliki kepekaan terhadap lingkungan. Namun untuk konsep keberlanjutan sendiri belum ada bahan ajar yang merujuk pada konsep ESD. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan akan pengembangan bahan ajar yang komprehensif dan terintegrasi dengan konsep ESD agar peserta didik dapat dikenalkan dengan konsep dan pola keberlanjutan.

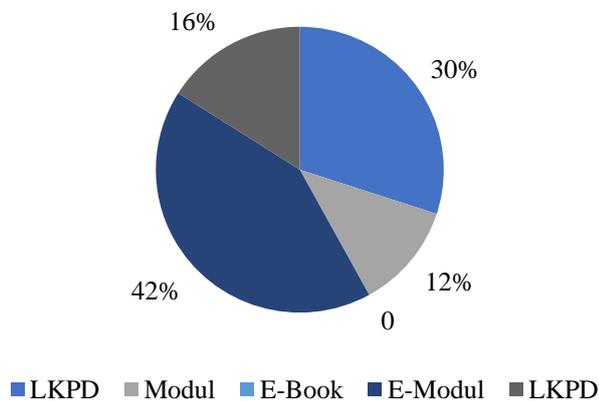
Dalam konteks pengembangan bahan ajar, pada Gambar 3.7, survey menunjukkan bahwa Sebagian besar guru (545%) mengaku cukup berminat dengan adanya penggunaan bahan ajar berbasis ESD, dan 40,9% guru sangat berminat menggunakan bahan ajar berbasis ESD dalam proses pembelajaran. Hal ini menunjukkan

bahwa ada potensi besar untuk mengembangkan dan mengintegrasikan *e-modul* berbasis ESD dalam proses pembelajaran.



**Gambar 3. 8 Hasil Survey Ketepatan Topik Energi Rendah Karbon Dalam *E-modul***

Mengenai topik ajar yang sesuai dengan konsep ESD, dapat dilihat pada Gambar 3.8 yang menunjukkan pendapat Sebagian besar guru yang merasa pemilihan topik energi rendah karbon merupakan pilihan yang sangat tepat, dan 9,1% lainnya yang menganggap topik energi rendah karbon cukup tepat sebagai topik untuk bahan ajar berbasis ESD.



**Gambar 3. 9 Pemilihan Bahan Ajar Berbasis ESD**

Berdasarkan hasil survei yang ditampilkan pada Gambar 3.9, sebanyak 42% guru IPA memilih *e-modul* sebagai bentuk bahan ajar berbasis ESD yang paling mereka minati. Pilihan ini didasari oleh beberapa

pertimbangan praktis dan pedagogis. Guru-guru menilai bahwa *e-modul* menawarkan keunggulan dalam hal kemudahan akses dan fleksibilitas pembelajaran. Berbeda dengan buku cetak yang seringkali memuat materi dalam jumlah besar dan beragam topik, *e-modul* umumnya dirancang secara ringkas serta terfokus pada satu tema tertentu. Hal ini membantu guru dan siswa untuk mendalami materi secara lebih terarah, tanpa merasa kewalahan atau terbebani dengan banyak informasi di luar topik yang sedang dipelajari. Selain itu, bentuk *e-modul* yang digital memungkinkan materi dapat diakses dengan mudah melalui berbagai perangkat seperti komputer, tablet, maupun smartphone. Dengan demikian, guru dan siswa tidak terbatas hanya pada proses pembelajaran di kelas, tetapi juga dapat mempelajari materi secara mandiri di luar jam sekolah sesuai kebutuhan masing-masing. Beberapa guru peserta survei juga mengemukakan bahwa *e-modul* lebih mudah untuk diadaptasi dan disesuaikan dengan karakteristik serta kebutuhan siswa, sehingga pembelajaran berbasis ESD menjadi lebih relevan dan kontekstual. Alasan lain yang disampaikan oleh guru adalah *e-modul* dinilai efektif dalam memperkenalkan dan mengintegrasikan isu-isu keberlanjutan ke dalam pembelajaran. Penyusunan *e-modul* yang padat, informatif, dan disertai dengan elemen interaktif seperti video, gambar, atau tautan eksternal membantu meningkatkan minat belajar siswa serta memfasilitasi pemahaman konsep yang kompleks. Melalui *e-modul*, guru dapat dengan lebih mudah memastikan bahwa materi yang disampaikan tetap fokus pada tujuan pembelajaran dan mendukung pencapaian kompetensi yang diharapkan. Dengan keunggulan-keunggulan tersebut, *e-modul* menjadi pilihan utama bagi guru IPA dalam mendukung implementasi ESD di sekolah.

### **3.10.1.2 Analisis Kurikulum**

Penelitian ini memusatkan perhatian pada penerapan kurikulum 2013 revisi. Peneliti melakukan analisis mendalam terhadap kurikulum dengan mengacu pada Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD)

guna merumuskan indikator pembelajaran yang efektif bagi peserta didik. Hasil analisis tersebut diterapkan pada siswa SMP kelas IX sebagai subjek penelitian, dan dapat dilihat pada Tabel 3.26. Melalui analisis kurikulum ini, peneliti mampu mengidentifikasi peluang untuk memperbaiki serta mengembangkan bahan ajar, yang bertujuan meningkatkan kualitas pendidikan pada materi energi rendah karbon di tingkat sekolah menengah pertama.

**Tabel 3. 26 Analisis Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator Pembelajaran**

<b>Kompetensi Dasar (KD)</b>	<b>Indikator Pembelajaran</b>
3.10 Menganalisis proses dan produk teknologi ramah lingkungan untuk keberlanjutan kehidupan	3.10.1 Menjelaskan fenomena krisis energi secara ilmiah.
	3.10.2 Menganalisa faktor penyebab terjadinya krisis energi.
4.10 Menyajikan karya tentang proses dan produk teknologi sederhana yang ramah lingkungan.	3.10.3 Menjelaskan dampak lingkungan, sosial, dan ekonomi dari fenomena krisis energi.
	3.10.4 Mendeskripsikan pengertian energi rendah karbon.
	3.10.5 Menjelaskan contoh-contoh energi rendah karbon.
	3.10.5 Menjelaskan manfaat penggunaan energi rendah karbon dalam mencegah krisis energi.
	3.10.6 Menjelaskan peranan energi rendah karbon sebagai bagian dari upaya mencegah krisis energi.

Pada KD yang telah dipilih ini peserta didik diharapkan mampu menjelaskan permasalahan yang terjadi pada topik energi di lingkungan sekitar, salah satunya adalah masalah krisis energi. Selanjutnya, peserta didik diarahkan untuk dapat menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya krisis energi serta dampak yang ditimbulkan, khususnya pada sektor lingkungan, sosial, dan ekonomi. Peserta didik diarahkan untuk dapat merumuskan permasalahan yang terjadi dan mengajukan solusi nyata dalam rangka mencegah krisis energi terjadi. Peserta didik juga diarahkan untuk menjelaskan pengertian energi rendah karbon yang merupakan salah satu

solusi dalam mencegah terjadinya krisis energi. Peserta didik diharapkan menyusun kampanye penggunaan energi rendah karbon di lingkungan sekolah dan rumah. Peserta didik diarahkan untuk melakukan percobaan untuk menghasilkan energi ramah lingkungan dari bahan-bahan di lingkungan sekitar. Peserta didik diharapkan memiliki sikap kesadaran keberlanjutan dengan melaksanakan gaya hidup berkelanjutan, seperti menggunakan energi rendah karbon dalam beraktivitas, menggunakan wadah sebagai pengganti plastik sekali pakai, dan mengurangi penggunaan listrik yang berlebihan.

### **3.10.1.3 Pembuatan Draft E-modul**

Tahap selanjutnya dalam pengembangan *e-modul* ialah pembuatan draft *e-modul*. Pembuatan draft *e-modul* dilakukan menggunakan aplikasi *Microsoft Word*. Penyusunan draft termasuk di dalamnya ialah penyusunan materi ajar/konten *e-modul*, pembuatan kegiatan pembelajaran, dan penyusunan evaluasi pembelajaran sebagaimana yang terdapat pada Gambar 3. berikut.



Gambar 1 Mobil dan gedung di malam yang menyalakan energi

Pernahkah kamu bayangkan bagaimana lampu menyalakan saat kita menekan saklar? Atau bagaimana bahan bakar mobil bisa membuatnya melalui kenop? Semua itu berkaitan dengan energi! Energi ada di mana-mana dan muncul dalam berbagai bentuk. Energi adalah bagian penting dari kehidupan kita sehari-hari. Setiap kali kita memusikakan, memasak, mengisi daya ponsel, atau memasak makanan, kita menggunakan energi. Namun, pernahkah kamu berfikir dari mana asal energi tersebut dan bagaimana cara kita menggunakannya? Di seluruh dunia, kita mengandalkan berbagai sumber energi baik yang terbarukan seperti matahari dan angin, maupun yang tidak terbarukan seperti minyak dan batu bara. Tetapi, dengan jumlah penduduk yang terus bertambah dan penggunaan energi yang semakin meningkat, kita menghadapi tantangan besar. Bayangkan jika suatu hari kamu bangun dan tidak ada energi yang tersedia: lampu padam, kendaraan tidak bisa terasak, bahkan makanan tidak bisa dimasak! Tanpa energi, kehidupan kita akan sangat berbeda.

Untuk itu, dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan banyak membahas mengenai penggunaan energi yang lebih efektif dan bertanggung jawab. Contohnya pada tujuan ke-7 dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) menekankan pentingnya energi yang bersih dan terjangkau. Artinya, kita perlu beralih dari sumber energi yang bisa merusak lingkungan, seperti minyak dan batu bara, ke energi yang lebih ramah lingkungan seperti energi matahari dan angin. Tapi, bagaimana caranya agar energi itu bisa digunakan oleh semua orang dengan harga yang terjangkau? Bayangkan jika suatu hari nanti semua rumah bisa menggunakan energi matahari untuk menyalakan lampu dan alat-alat lainnya.

Selain itu, tujuan ke-13 mengingatkan kita tentang pentingnya melindungi bumi dari perubahan iklim yang berbahaya. Ketika kita menggunakan energi dari bahan bakar fosil, seperti minyak dan batu bara, kita melepaskan gas yang bisa membuat bumi semakin panas. Hal ini bisa menyebabkan cuaca ekstrem dan kerusakan lingkungan. Jadi, bagaimana kita bisa mengurangi dampak buruk ini? Salah satu cara adalah dengan beralih ke energi yang tidak banyak menghasilkan polusi, seperti energi matahari dan angin.

Denan memahami keterkaitan antara energi dan lingkungan, kita bisa mulai mengambil langkah-langkah kecil dalam kehidupan sehari-hari untuk hidup lebih berkelanjutan. Misalnya, apakah kamu pernah mencoba mematikan lampu ketika tidak digunakan atau memilih naik sepeda daripada menggunakan kendaraan bermotor? Bagaimana jika kita semua melakukan hal-hal kecil ini, dapatkah kita membuat perbedaan besar? Mari kita pelajari lebih dalam mengenai bagaimana energi dan gaya hidup berkelanjutan bisa berjalan beriringan demi masa depan bumi yang lebih baik.

Jadi, bagaimana kamu bisa berkontribusi? Apakah mungkin dengan menambatkan energi di rumah, mengurangi penggunaan energi berlebihan, atau belajar lebih banyak tentang bagaimana teknologi energi rendah karbon bisa digunakan di masa depan? Bertanyalah-pertanyaan ini menarik untuk dijawab, karena jawabannya ada di tangan kita semua.

**3.2 Energi Rendah Karbon**

Pernahkah kamu mendengar tentang energi rendah karbon? Energi rendah karbon adalah jenis energi yang menghasilkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang sangat sedikit atau bahkan nol saat digunakan. Ini sangat penting karena karbon dioksida adalah salah satu gas yang menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Dengan menggunakan energi rendah karbon, kita bisa membantu mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan oleh perubahan iklim dan menjaga bumi tetap sehat untuk kita dan generasi yang akan datang.

Sebagai contoh, mari kita lihat bagaimana sebuah kota kecil di Denmark bernama Sønderborg beralih dari ketergantungan pada bahan bakar fosil ke energi rendah karbon. Pada awal tahun 2000-an, Sønderborg memutuskan untuk menggunakan energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik dan pemanasannya. Mereka membangun ladang turbin angin di darat dan di laut, serta menggunakan biomassa dari sisa tanaman dan kayu untuk memanaskan rumah-rumah. Hasilnya? Dalam beberapa tahun, Sønderborg tidak hanya menjadi mandiri secara energi, tetapi juga berhasil mengurangi emisi karbonnya secara drastis. Ini adalah contoh nyata bagaimana energi rendah karbon dapat membuat perbedaan besar dalam menjaga lingkungan dan menciptakan masa depan yang lebih hijau.

Denan beralih ke energi rendah karbon, kita tidak hanya melindungi planet kita, tetapi juga membuka jalan bagi teknologi dan lapangan pekerjaan baru yang ramah lingkungan. Ini adalah langkah penting menuju hidup yang lebih berkelanjutan, di mana kita bisa memenuhi kebutuhan kita tanpa merusak dunia yang kita tinggali.

**3.2.1 Manfaat Energi Rendah Karbon**

Energi rendah karbon memainkan peran penting dalam upaya mengurangi perubahan iklim. Denan beralih dari energi tak terbarukan yang menghasilkan banyak emisi karbon, kita dapat secara signifikan mengurangi jumlah gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer. Ini sangat penting karena gas rumah kaca seperti karbon dioksida, menjebak panas di atmosfer bumi dan menyebabkan suhu global meningkat, yang dikenal sebagai efek rumah kaca. Peningkatan suhu ini menyebabkan berbagai masalah, seperti cuaca ekstrem, mencairnya es di kutub, kenaikan permukaan laut, dan gangguan ekosistem.

Denan menggunakan energi rendah karbon, seperti tenaga surya, angin, dan air, kita dapat menghasilkan listrik tanpa membuat bahan bakar fosil yang berarti lebih sedikit karbon dioksida yang dilepaskan ke udara. Selain itu, teknologi rendah karbon seperti mobil listrik dan sistem pemanas yang efisien juga membantu mengurangi emisi dari sektor transportasi dan perumahan. Semakin banyak kita



Perubahan iklim global telah menimbulkan berbagai bencana seperti gelombang panas, kebakaran, dan banjir. Agar masalahnya adalah ketertinggalan dunia pada bahan bakar fosil yang menghasilkan karbon dioksida dalam jumlah besar. Menurut UNEP, 90 persen emisi karbon dioksida global berasal dari bahan bakar fosil, semua produksi energi fosil tetap tinggi, bertentangan dengan komitmen untuk mencapai karbon netral.

Laporan UNEP tahun 2023 mengungkapkan bahwa 20 negara produsen utama termasuk Indonesia, terus memproduksi bahan bakar fosil secara masif. Jumlah melebihi batas yang diperlukan untuk membatasi pemanasan global hingga 1,5 derajat Celsius. Indonesia sebagai eksportir batubara terbesar ketiga di dunia memiliki ketertinggalan ekonomi yang tinggi pada energi fosil yang mengumbang 12 persen PDB.

Produksi berlebihan bahan bakar fosil mengancam komitmen global terhadap transisi energi dan pengurangan emisi karbon. Dengan COP28 mendatang ada urgensi untuk mempercepat kebijakan energi global dengan njan transisi energi yang adil dan merata. Negara-negara maju lebih siap untuk menggunakan energi terbarukan, sementara negara-negara berkembang termasuk Indonesia masih sangat bergantung pada energi fosil untuk pembangunan ekonomi. Meskipun demikian, transisi energi harus segera dilakukan demi mengurangi emisi karbon dan menjaga stabilitas energi global.

Sumber: Kompas.com/detik.com

**3.4.1 Proyek 1: Panel Surya Sederhana**

Untuk memahami energi rendah karbon di kehidupan sehari-hari mari kita coba membuat alternatif energi rendah karbon melalui proyek berikut ini!

**PROYEK SEKOLAH: DIY PANEL SURYA**

Nama: \_\_\_\_\_ Kelas: \_\_\_\_\_

**Tujuan Proyek**

- Membangun Memahami bagaimana konsep panel surya dan cara kerja dalam menggunakan energi matahari sebagai sumber energi listrik.
- Mengonstruksikan keterampilan merancang dan membuat model panel surya sederhana.

**Alat dan Bahan**

- Sel surya mini (misalnya sel surya dari kalkulator bekas)
- Kabel listrik kecil
- Lamp LED kecil
- Baterai kecil (opsional)
- Dewan kayu atau karton untuk alas
- Lem tembak atau lem kuat lainnya
- Quartz/cutter
- Demamatis
- Multimeter (opsional untuk mengukur tegangan listrik)

**Langkah Pelaksanaan**

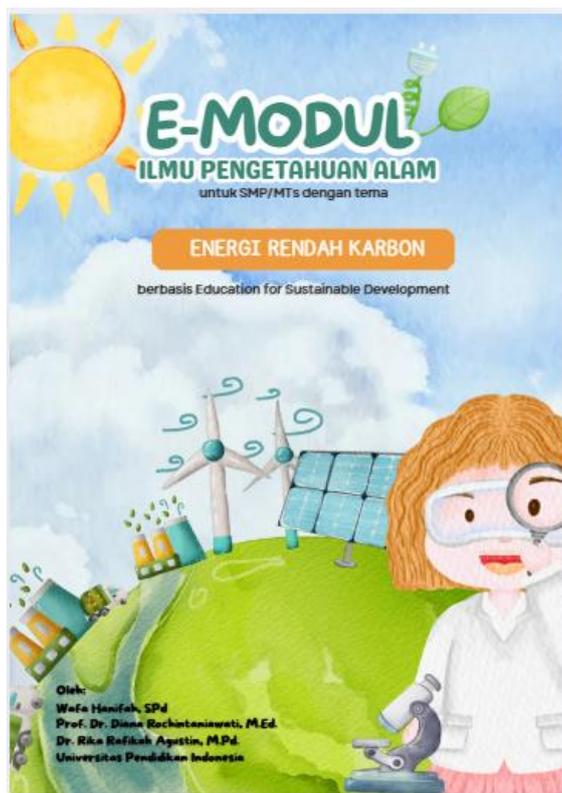
- Gambarkan rancangan model panel surya sederhana yang akan dibuat.
- Tentukan cara pemasangan sel surya dengan lamp LED.
- Siapkan alas model (papan kayu atau karton) sesuai ukuran yang dibutuhkan.
- Tentukan sel surya mini pada alas menggunakan lem tembak.
- Sambungkan kabel dari sel surya ke lamp LED, pastikan sambungan kuat dan aman.
- Jika menggunakan baterai, sambungkan juga baterai sebagai cadangan energi.
- Tentukan lamp LED pada alas model, dekat dengan sel surya.
- Buat model ke tempat yang terpapar sinar matahari langsung.
- Amati apakah lamp LED menyala ketika sel surya terkena cahaya matahari.
- Catat hasil pengamatan dan diskusikan mengapa lamp LED menyala atau tidak menyala.
- Uji model pada berbagai situasi cahaya (misalnya di dalam ruangan atau di bawah naungan).

**Gambar 3. 10 Draft E-modul Berbasis ESD yang dibuat dalam Word**

**3.10.1.4 Pembuatan Desain E-modul**

Selanjutnya, peneliti merancang desain layout untuk e-modul berdasarkan draft yang telah disusun. Rancangan layout e-modul dibuat

menggunakan website desain *canva.com*. Website *canva* dipilih sebagai alat desain karena di dalamnya terdapat banyak *tools* yang dapat membantu pembuatan *e-modul* yang interaktif sehingga dapat memudahkan peneliti untuk mengembangkan ide penyajian materi yang menarik dan interaktif bagi peserta didik. Pada Gambar 3.11 dan 3.12 desain tampilan halaman awal dan daftar isi dari *e-modul*.



E-MODUL IPA ENERGI RENDAH KARBON

## Daftar Isi

Klik pada daftar isi untuk melihat halaman

PRAKATA .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR GAMBAR .....	iii
Pendahuluan .....	iv
<b>BAB 1 KRISIS ENERGI</b> .....	1
1 Krisis Energi .....	2
1.1 Dampak Krisis Energi pada Sektor Lingkungan .....	5
1.2 Dampak Krisis Energi pada Sektor Sosial .....	5
1.3 Dampak Krisis Energi pada Sektor Ekonomi .....	5
1.4 Solusi Pencegahan Krisis Energi .....	5
<b>BAB 2 ENERGI DAN TUJUAN BERKELANJUTAN</b> .....	9
2 Energi .....	8
2.1 Bentuk-Bentuk Energi .....	9
2.2 Sumber Energi .....	10
2.3 Energi dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan .....	11
Uji Kompetensi 1 .....	15
<b>BAB 3 ENERGI RENDAH KARBON</b> .....	16
3.1 Definisi Energi Rendah Karbon .....	17
3.1.1 Mengapa Energi Rendah Karbon Penting? .....	17
3.2 Karakteristik Energi Rendah Karbon .....	17
3.3 Sumber Energi Rendah Karbon .....	18
3.3.1 Energi Matahari atau Surya .....	18
3.3.2 Energi Angin (Banyu) .....	22
3.3.3 Energi Air (Hidroenergi) .....	22
3.3.4 Energi Biomassa .....	23
3.3.5 Energi Panas Bumi (Geotermal) .....	23
3.3.6 Biogas .....	24
3.4 Teknologi Rendah Karbon .....	29
3.4.1 Teknologi Rendah Karbon Bidang Transportasi .....	29
3.4.2 Teknologi Rendah Karbon Bidang Bangunan .....	30
3.4.3 Teknologi Rendah Karbon Bidang Makanan .....	30
Uji Kompetensi 2 .....	31
Kunci Jawaban .....	33
Glosarium .....	34
Daftar Pustaka .....	35

Gambar 3. 11 Gambar 4. 10 Tampilan Halaman Awal *E-modul*

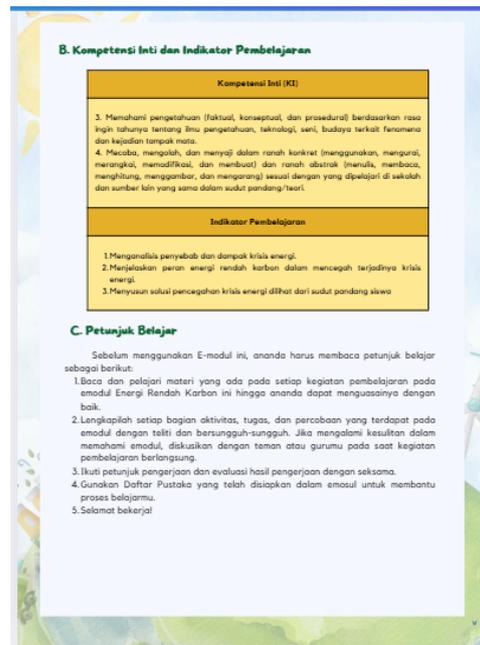
Gambar 3. 12 Tampilan Daftar Isi *E-modul*

Pada Gambar 3.11 dapat dilihat tampilan halaman awal (*cover*). Desain halaman awal didesain memenuhi standar cover untuk pengembangan *e-modul* di mana di dalamnya tertera dengan jelas identitas *e-modul* yang terdiri dari judul, judul topik, dan identitas penulis. Gambar ilustrasi didapatkan dan di desain melalui website *canva*. Pemilihan gambar disesuaikan dengan ilustrasi yang merepresentasikan isi dari *e-modul* dan juga menarik bagi peserta didik. Untuk itu dipilih beragam gambar animasi

yang merepresentasikan energi rendah karbon dan ilustrasi siswa sebagai ilmuwan untuk merepresentasikan mata pelajaran IPA. Kesesuaian warna juga menjadi perhatian peneliti dalam pendesainan *e-modul*, sehingga seragam dengan topik materi dalam *e-modul* yakni mengenai energi rendah karbon. Halaman selanjutnya diikuti dengan daftar isi, seperti yang tertera pada Gambar 3.12, di mana daftar isi dilengkapi dengan *tools hyperlink* sehingga pengguna dapat langsung diarahkan pada halaman yang diinginkan. Hal ini menunjukkan bahwa *e-modul* didesain dengan konsep *user friendly* agar pengguna lebih mudah dalam mengoperasikan *e-modul*.



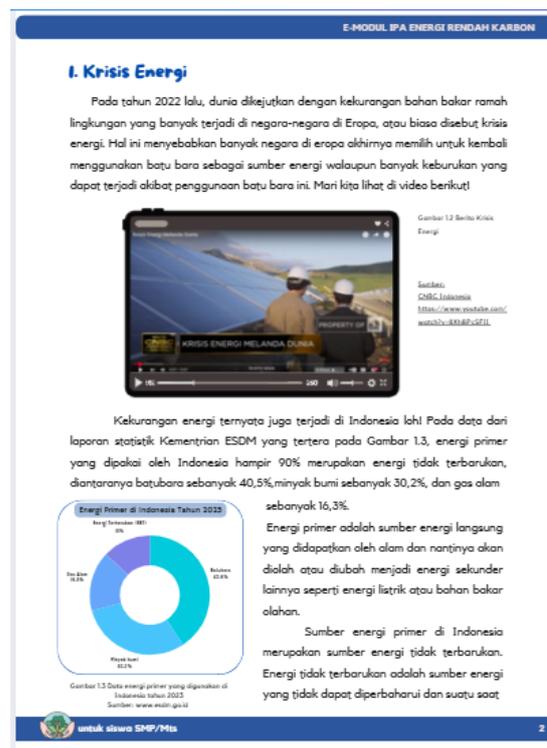
Gambar 3. 13 Halaman Pendahuluan E-modul



Gambar 3. 14 Halaman Petunjuk Penggunaan E-modul



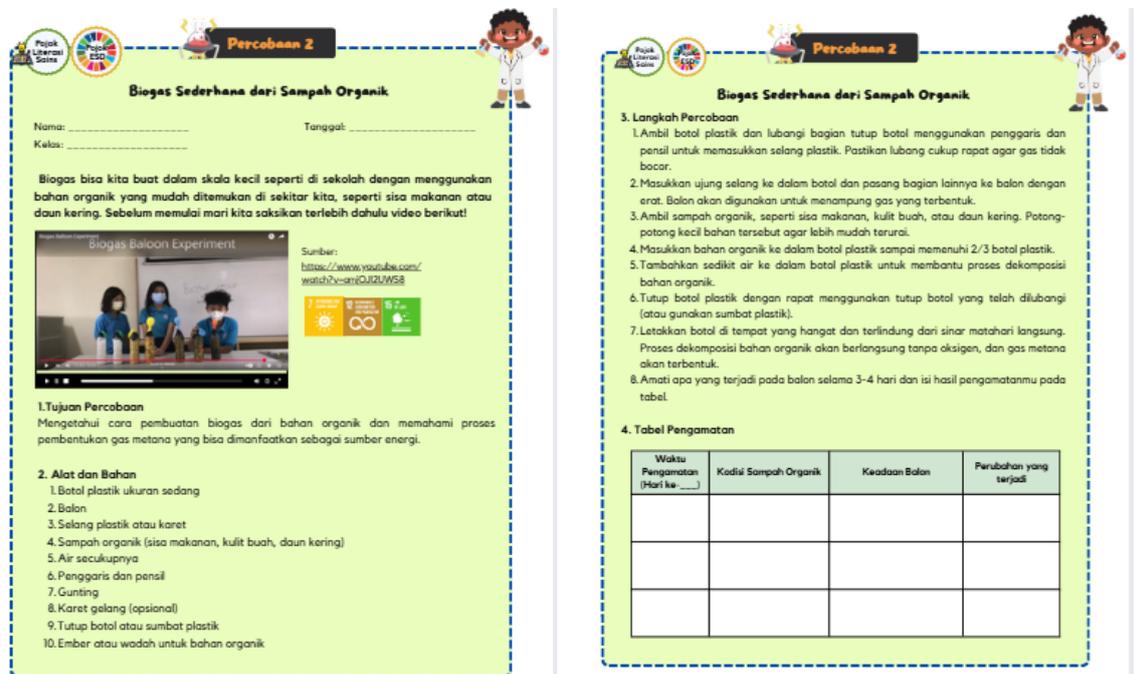
Gambar 3. 15 Halaman Awal Kegiatan Pembelajaran *E-modul*



Gambar 3. 16 Halaman Materi *E-modul*

Selanjutnya pada Gambar 3.13 dan 3.14 terdapat halaman pendahuluan dimana di dalamnya dijelaskan secara umum isi dari *e-modul* berbasis ESD yang telah dikembangkan. Hal ini bertujuan untuk menyamakan persepsi mengenai *e-modul* dengan pengguna, terlebih apabila pengguna yang akan menggunakan *e-modul* ini masih belum familiar dengan istilah ESD. Di dalamnya di jelaskan maksud dan tujuan pembuatan *e-modul*, kompetensi inti dan indikator pembelajaran dalam penggunaan *e-modul*, dan petunjuk pembelajaran *e-modul*. Halaman awal kegiatan pembelajaran (Gambar 3.15) didesain dengan ilustrasi yang menggambarkan isi materi yang berada pada kegiatan pembelajaran tersebut sehingga peserta didik pengguna dapat terstimulasi dengan adanya ilustrasi pendukung. Materi yang disajikan dalam *e-modul* juga dibuat

dengan menarik dengan mencantumkan stimulus-stimulus berupa video ataupun animasi yang dapat diakses peserta didik secara langsung. Seperti yang tertera pada Gambar 3.16 di mana terdapat materi video mengenai krisis energi yang dapat diakses peserta didik sebagai stimulus sebelum dilakukan pembahasan lebih dalam pada materi tulis. *E-modul* ini ditujukan sebagai upaya meningkatkan literasi sains peserta didik, maka di dalamnya juga dibubuhkan data berupa diagram agar peserta didik dapat melatih kemampuan memproses data.



Gambar 3. 17 Halaman Praktikum *E-modul*

Pada *E-modul* ini juga difasilitasi dengan lembar praktikum, seperti pada Gambar 3.17, di mana dalam lembar praktikum dilengkapi dengan video rujukan sebagai stimulus sebelum pelaksanaan praktikum. Selain itu, di dalam lembar praktikum juga dilengkapi dengan beberapa simbol tujuan pembangunan yang sesuai dengan pembelajaran yang dilakukan. Pada bagian atas lembar praktikum, dan setiap lembar kegiatan siswa, terdapat

lencana seperti “pojok literasi sains”, “pojok ESD”, dan “pojok kesadaran keberlanjutan” yang bertujuan untuk menunjukkan pada peserta didik kegiatan yang dilakukan untuk meningkatkan variabel apa. Selain itu, juga terdapat halaman untuk evaluasi pada setiap akhir kegiatan pembelajaran di dalam *e-modul*.

### **3.10.2 Validitas dan Kelayakan *E-modul***

#### **3.10.2.1 Hasil Validasi *E-modul* oleh Ahli**

Pada proses ini, *e-modul* energi rendah karbon berbasis ESD telah selesai dibuat, lalu direview oleh validator ahli yang terdiri dari ahli materi, ahli bahasa, ahli media, dan praktisi Pendidikan. Analisis yang dikumpulkan dari berbagai ahli ini akan menjadi referensi penting untuk memperbaiki pengembangan *e-modul* tersebut. Tujuan dari review ini adalah untuk menentukan apakah *e-modul* tersebut sudah memenuhi kriteria kelayakan, yang dapat dikategorikan sebagai layak digunakan tanpa revisi, layak digunakan dengan revisi, atau layak digunakan tanpa revisi, maka *e-modul* ini siap diuji coba di lapangan. Berikut adalah hasil review dari validator ahli terhadap *e-modul* berbasis ESD dengan topik energi rendah karbon:

##### **3.10.2.1.1 Hasil Validasi Oleh Ahli Materi**

Dalam proses ini, ahli materi diberikan akses *softfile e-modul* untuk dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap isi materi yang disajikan dalam *e-modul*. Validator kemudian menilai *e-modul* menggunakan lembar review yang telah disediakan oleh peneliti. Hasil review mencakup analisis mengenai keakuratan dan kesesuaian materi, komponen ESD, dan komponen literasi sains. Keakuratan dan kesesuaian materi mencakup kesesuaian dengan kurikulum, kesesuaian stimulus yang diberikan dengan materi dan keakuratan informasi atau data yang disajikan dalam *e-modul*. Review oleh validator ahli ini dinilai berdasarkan 19 indikator yang disesuaikan dengan tiga kriteria sebelumnya yang dinilai oleh dua validator

ahli materi. Berikut adalah rincian review *e-modul* berbasis ESD untuk setiap indikatornya:

**Tabel 3. 27 Hasil Kelayakan Materi *E-modul* oleh Ahli**

No	Kriteria Kelayakan	Total Skor	V1	V2	Persentase Nilai (%)
1	Keakuratan dan Keseuaian Materi	8	7	7	87,5%
2	Komponen ESD	8	7	6	81,25%
3	Komponen Literasi Sains	3	3	3	100%
<b>Total</b>		<b>19</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>89,58%</b>

Persentase rata-rata hasil uji kelayakan yang tercantum pada Tabel 3.27 menunjukkan bahwa *e-modul* memiliki persentase kelayakan sebesar 89,58%. Jika merujuk pada Tabel 3.16 mengenai kategori uji kelayakan, maka dapat disimpulkan bahwa *e-modul* ini termasuk pada kategori sangat layak. Ini menunjukkan bahwa *e-modul* mendapatkan penilaian sangat baik dari segi validitas dan kesesuaian konten materi yang disajikan. Hasil uji kelayakan materi yang positif ini diharapkan dapat menjadikan *e-modul* energi rendah karbon berbasis ESD sebagai bahan ajar yang efektif bagi peserta didik dalam meningkatkan kemampuan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan peserta didik.

### 3.10.2.1.2 Hasil Review Oleh Ahli Bahasa

Review *e-modul* oleh ahli bahasa dilakukan oleh dua validator ahli bahasa. Indikator dalam lembar review menilai kelayakan struktural kalimat, penggunaan Bahasa Indonesia yang baik, benar, efektif, dan sesuai untuk perkembangan peserta didik dalam rangka meningkatkan keterampilan dan kualitas *e-modul* yang dibuat. Pada proses ini *e-modul* diberikan kepada validator ahli bahasa dalam bentuk *softfile* untuk pengevaluasian bahasa

secara menyeluruh. Lembar review bahasa terdiri dari 4 kriteria kebahasaan yang dikembangkan menjadi 10 indikator penilaian. Hasil uji kelayakan bahasa dapat dilihat pada Tabel 3.28 berikut.

**Tabel 3. 28 Hasil Kelayakan Bahasa *E-modul* oleh Ahli**

No	Kriteria Kebahasaan	Total Skor	V1	V2	Nilai Persentase (%)
1	Lugas	2	2	2	100%
2	Komunikatif	4	4	4	100%
3	Interaktif	2	2	2	100%
4	Kesesuaian dengan perkembangan peserta didik	2	2	2	100%
<b>Total</b>		<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

Persentase rata-rata hasil uji kelayakan bahasa yang tercantum pada Tabel 3.28 menunjukkan angka 100%. Berdasarkan kategori pada Tabel 3.18, persentase tersebut masuk dalam kategori sangat layak, yang berarti *e-modul* memperoleh penilaian sangat positif dari segi penggunaan bahasa yang dinilai tepat dan efektif. Menurut para ahli, bahasa yang digunakan dalam *e-modul* ini sudah baik, benar, efektif, serta sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia dan perkembangan peserta didik.

### 3.10.2.1.3 Hasil Review Oleh Ahli Media

Pada tahap ini, penilaian *e-modul* oleh validator ahli media difokuskan pada berbagai aspek media, seperti desain *e-modul*, kesesuaian tata letak, pemilihan jenis huruf, serta cara penyajiannya. Penilaian ini bertujuan untuk meningkatkan mutu *e-modul* yang dikembangkan. Dua validator ahli media melakukan penilaian menggunakan lembar review yang memuat 12 indikator penilaian. Hasil penilaian media tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.29.

**Tabel 3. 29 Hasil Kelayakan Media *E-modul* oleh Ahli**

No	Indikator Penilaian	Total Skor	V1	V2	Persentase Penilaian (%)
1	Penempatan judul dan ilustrasi pada sampul modul tersusun secara proporsional.	4	4	4	100%
2	Ilustrasi yang digunakan pada sampul mencerminkan isi atau materi yang akan dibahas dalam modul.	4	4	4	100%
3	Variasi serta jenis huruf dan angka yang digunakan tampak jelas dan mudah dimengerti..	4	3	4	87,5%
4	Ukuran huruf yang digunakan sudah tepat.	4	3	4	87,5%
5	Penempatan gambar seimbang dengan penyampaian informasi pada materi.	4	3	4	87,5%
6	Penyajian materi dan aktivitas pembelajaran dilakukan secara konsisten di setiap pertemuan, serta mampu menanamkan pemahaman tentang masa depan yang lebih baik dan keterampilan bekerja sama dalam pengambilan keputusan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.	4	2	4	75%
7	Gambar-gambar yang ditampilkan dalam modul dapat memperjelas materi, informasi, serta tingkat kompleksitas permasalahan yang diangkat, sehingga mampu menumbuhkan kesadaran akan lingkungan.	4	2	4	75%
8	Gambar-gambar pada modul diatur dan disusun dengan terstruktur sehingga tampak rapi.	4	4	4	100%
9	Penyajian konten dalam modul efektif dalam mengomunikasikan penjelasan materi.	4	3	4	87,5%
10	Ukuran dan kejelasan tampilan konten yang disajikan telah sesuai dan jelas.	4	3	3	75%
11	Kemudahan dalam pencarian pada setiap halaman	4	4	4	100%
12	<i>E-modul</i> ini dapat digunakan dengan mudah dipahami oleh siswa.	4	3	4	87,5%
<b>Total</b>		<b>48</b>	<b>41</b>	<b>47</b>	<b>88,5%</b>

Penilaian rata-rata dari hasil review oleh ahli media, berdasarkan Tabel 3.28, sebesar 88,5%. Merujuk pada Tabel 3.16, persentase kelayakan media untuk *e-modul* ini berkategori sangat layak yang menegaskan

kelayakan *e-modul* dalam aspek hal grafik dan presentasi visual sangat layak. Berdasarkan presentase tersebut dapat disimpulkan *e-modul* yang dikembangkan ini memiliki tampilan halaman depan sangat baik, juga untuk ilustrasi dan penempatan ilustrasi dinilai oleh ahli sangat tepat dan rapih sehingga dapat membantu pengguna *e-modul* untuk memahami materi dalam konteks dengan mudah. Untuk penggunaan font, warna, dan grafik juga dinilai sudah baik dan dianggap dapat merepresentasikan materi energi rendah karbon.

### 3.10.2.2 Hasil Praktikalitas oleh Praktisi Pendidikan

Selain review yang dilakukan oleh ahli, peneliti juga meminta beberapa praktisi pendidikan untuk *me-review* praktikalitas dari *e-modul* yang dikembangkan. Praktisi pendidikan dalam penelitian ini adalah tiga orang guru mata pelajaran IPA di jenjang SMP/MTs. Penilaian oleh praktisi ini ditujukan untuk memahami pendapat praktisi sebagai guru yang kemungkinan akan menggunakan *e-modul* ini sebagai bahan ajar. Penilaian oleh praktisi ini melibatkan tiga orang guru IPA SMP. Hasil penilaian oleh praktisi disajikan pada Tabel 3.30.

**Tabel 3. 30 Hasil Praktikalitas *E-modul* oleh Praktisi Pendidikan**

No	Aspek Penilaian	Total Skor	P1	P2	P3	Persentase Nilai (%)
1	Daya Tarik	5	5	5	5	100%
2	Materi	5	5	4	4	86,7%
3	Bahasa	5	5	5	5	100%
4	Penggunaan	5	5	5	5	100%
<b>Total</b>		<b>20</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>96,7%</b>

Berdasarkan hasil penilaian praktikalitas oleh praktisi Pendidikan pada Tabel 3.30, diperoleh persentase praktikalitas *e-*

*modul* sebesar 96,7%, yang termasuk pada kategori sangat layak. Hal ini menunjukkan bahwa *e-modul* menarik untuk digunakan oleh peserta didik, memiliki konten yang relevan dan sesuai, memiliki tujuan pembelajaran yang jelas, dan penggunaan yang mudah dioperasikan baik oleh guru maupun oleh peserta didik. Secara umum *e-modul* sudah layak dan dapat digunakan di kelas sebagai bahan ajar pembelajaran untuk topik energi rendah karbon.

### 3.10.2.3 Hasil Keterbacaan Peserta Didik

Uji keterpahaman *e-modul* bertujuan untuk mengukur sejauh mana peserta didik memahami isi materi *e-modul* berdasarkan teks bacaan yang disajikan. Untuk itu dalam memahami teks bacaan terdapat dua uji yang dilakukan yakni uji keterpahaman dan uji keterbacaan. Dalam uji keterpahaman, proses yang dilakukan antara lain adalah peserta didik diminta membaca teks bacaan yang dimaksudkan lalu mengidentifikasi apabila ditemukan kata, kalimat, atau materi ajar yang kurang dipahami. Lalu peneliti akan melakukan revisi dan penyederhanaan teks bacaan tersebut agar lebih mudah dipahami. Hal ini ditujukan agar materi ajar yang disajikan dapat dipahami dan dimengerti secara menyeluruh oleh peserta didik. Hasil dari uji keterpahaman ini berupa beberapa kata atau kalimat yang perlu dievaluasi dan diperbaiki penggunaannya. Hasil dari uji keterpahaman *e-modul* dalam dilihat pada Tabel 3.31 berikut.

**Tabel 3. 31 Kata dan Kalimat Revisi Uji Keterpahaman *E-modul***

No	Kata yang belum dimengerti	Kalimat yang sulit dipahami	Perbaikan
1	Dikonversi		Dirubah
2	Eksplorasi		Secara berlebihan
3	Ekstraksi		Proses pengambilan
4		Krisis energi sering kali memicu eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya alam Selain	Krisis energi sering membuat kita menggunakan sumber daya alam secara

	itu, pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) yang mempercepat perubahan iklim. Hal ini menyebabkan suhu bumi meningkat ( <i>global warming</i> ). Proses ekstraksi bahan bakar fosil juga dapat merusak ekosistem, mencemari air, udara, dan tanah, serta mengancam keberlanjutan kehidupan makhluk hidup di bumi.	berlebihan. Pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak dan batu bara menghasilkan gas yang disebut karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ). Gas ini mempercepat perubahan iklim dan membuat suhu bumi naik, yang kita kenal sebagai pemanasan global. Selain itu, proses mengambil bahan bakar fosil dapat merusak lingkungan, mencemari air, udara, dan tanah, serta membahayakan kehidupan makhluk hidup di bumi.
5	Selain energi kinetik dan potensial, ada juga energi kimia yang tersimpan dalam bahan bakar seperti makanan, minyak, dan baterai. Ketika kita makan, tubuh kita mengubah energi kimia dari makanan menjadi energi yang kita butuhkan untuk bergerak dan berpikir. Bahan bakar seperti minyak dan gas juga mengandung energi kimia yang bisa diubah menjadi energi panas atau energi mekanik, misalnya untuk menggerakkan mobil atau memanaskan air.	Selain energi gerak dan energi yang disimpan, ada juga energi kimia. Energi kimia ini ada di dalam bahan-bahan seperti makanan, minyak, dan baterai. Ketika kita makan, tubuh kita mengubah energi kimia dari makanan menjadi energi yang kita gunakan untuk bergerak dan berpikir. Minyak dan gas juga mengandung energi kimia yang bisa diubah menjadi panas atau energi untuk menggerakkan sesuatu, seperti mobil, atau memanaskan air.
6	Vital	Sangat penting
7	Pada proses pencernaan ternak merupakan salah satu contoh yang memiliki kontributor besar pada kandungan gas metana di udara. Pada hal ini salah satu yang bisa menjadi contoh adalah sapi dan ternak	Ketika ternak (Sapi, domba, kambing) makan maka proses pencernaan makan dalam tubuhnya akan bekerja. Proses ini menghasilkan gas metana yang besar.

	lainnya juga menghasilkan gas metana dengan nilai yang tinggi.	
8	Memasok	Menyediakan

Tabel 3.31 memuat hasil umpan balik dari peserta didik terkait teks yang disajikan dalam *e-modul* berbasis ESD dengan topik energi rendah karbon. Umpan balik ini diperoleh melalui tes keterampilan peserta didik terhadap *e-modul* yang telah dibuat, dengan tujuan memperjelas kata-kata atau kalimat yang sulit dipahami. Hasilnya menunjukkan lima kata dan empat kalimat yang harus diperbaiki atau disederhanakan. Contoh penulisan gagasan utama dari uji keterampilan disajikan dalam Gambar 3.18 berikut.

#### Uji Keterpahaman Teks Bacaan

Energi hadir dalam berbagai bentuk, dan setiap bentuk memiliki peran penting dalam kehidupan kita sehari-hari. Salah satu bentuk energi yang paling dikenal adalah <b>energi kinetik</b> , yaitu energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak. Ketika kamu bersepeda atau bermain sepak bola, kamu menggunakan energi kinetik. Semakin cepat kamu bergerak, semakin besar energi kinetik yang kamu miliki. Di sisi lain, ada <b>energi potensial</b> , yaitu energi yang tersimpan pada benda karena posisinya. Contohnya, ketika kamu menarik tali busur panah, kamu memberi panah energi potensial. Begitu dilepaskan, energi potensial itu berubah menjadi energi kinetik saat panah meluncur.		
Apakah paragraph di atas mudah dimengerti? (berikan tanda pada kotak yang menurutmu sesuai)		
<input checked="" type="checkbox"/>	Mudah	<input type="checkbox"/> Sulit
Tuliskan ide pokok dari paragraf di atas:		
Energi dapat berupa beberapa bentuk, yaitu energi potensial dan energi kinetik.		

**Gambar 3. 18 Contoh Hasil Uji Keterpahaman dan Keterbacaan**

*E-modul* berbasis ESD yang dikembangkan ini terdiri dari tiga subtopik mengenai energi rendah karbon yang dirangkum dalam

tiga kegiatan pembelajaran. Di dalam *e-modul* terdapat 38 teks paragraph materi yang diuji keterpahamanya melalui wacana dalam uji kelompok kecil (*small group test*). Sebanyak 12 peserta didik terlibat dalam uji ini, dengan kemampuan kognitif yang bervariasi, yaitu kelompok bawah, sedang, dan menengah. Hal ini dilakukan agar hasil yang diperoleh dapat mewakili berbagai tingkat kemampuan kognitif, sehingga *e-modul* berbasis ESD dalam topik energi rendah karbon ini dapat dipahami oleh seluruh peserta didik.

Pertanyaan yang digunakan dalam uji keterbacaan ini meliputi kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi ide pokok/ gagasan utama dari suatu paragraf. Juga peserta didik diminta untuk menilai seberapa mudah atau sulit teks tersebut dapat dipahami. Hasil dari uji keterbacaan *e-modul* berbasis ESD dalam topik energi rendah karbon ini berupa persentase yang dapat dilihat pada Tabel 3.31 di bawah ini.

**Tabel 3. 32 Hasil Uji Keterbacaan *E-modul***

<b>Paragraf ke -</b>	<b>Jumlah peserta didik menjawab gagasan utama benar</b>	<b>Paragraf ke -</b>	<b>Jumlah peserta didik menjawab gagasan utama benar</b>
1	12	20	10
2	9	21	10
3	10	22	12
4	12	23	12
5	12	24	11
6	10	25	9
7	12	26	12
8	12	27	12
9	9	28	10
10	10	29	12
11	11	30	8
12	10	31	12
13	12	32	12

14	12	33	10
15	7	34	10
16	12	35	12
17	10	36	11
18	12	37	11
19	12	38	12
Rata – rata	10,84	Rata-rata	10,84
Keterbacaan = 90%		Keterbacaan = 90%	
<b>Rata – rata persen keterbacaan = 90%</b>			

Hasil uji keterbacaan yang disajikan pada Tabel 3.32 menunjukkan bahwa peserta didik memiliki pemahaman yang baik dalam memahami teks materi energi rendah karbon, dengan rata-rata pemahaman mencapai 90%. Pemahaman ini dapat dikategorikan sebagai “tinggi”. Sehingga, setelah melakukan perbaikan *e-modul* dapat digunakan untuk uji coba di lapangan untuk tahap penelitian selanjutnya.

**Tabel 3. 33 Rekapitulasi Review Kelayakan *E-modul***

Ahli Materi	Ahli Bahasa	Ahli Media	Praktisi Pendidikan	Keterbacaan Siswa	Rata-rata Persentase	Keterangan
89,58%	100%	88,5%	96,7%	90%	92,9%	Sangat Layak

Hasil himpunan review oleh validator ahli dan praktisi pendidikan menunjukkan bahwa *e-modul* yang telah dikembangkan ini sudah sangat layak untuk di gunakan di lapangan sebagai bahan ajar. Dapat dilihat pada Table 3.33, telah dihimpun seluruh hasil review yang menunjukkan kelayakan *e-modul* dan rata-rata persentase sebesar 92,9% atau sangat layak. Walaupun pada beberapa aspek terdapat beberapa catatan saran untuk memperbaiki *e-modul*, sebelum digunakan sebagai bahan ajar di lapangan akan dilakukan revisi terlebih dahulu.

### 3.11 Hipotesis

Hipotesis merupakan jawaban sementara atas permasalahan penelitian yang kebenarannya akan dibuktikan secara eksperimental melalui data dan informasi yang diperoleh. Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan peningkatan pada kemampuan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan peserta didik sebelum dan sesudah melakukan pembelajaran dengan *e-modul* berbasis ESD dengan topik energi rendah karbon.

$H_a$  : Terdapat peningkatan pada kemampuan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan peserta didik sebelum dan sesudah melakukan pembelajaran dengan *e-modul* berbasis ESD dengan topik energi rendah karbon.