

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode dan Desain Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *mixed method* dengan desain penelitian *exploratory sequential design* (Creswell & Guetterman, 2019). Pemilihan mixed method karena penelitian ini menggabungkan prosedur penelitian kualitatif dan kuantitatif untuk menjawab pertanyaan penelitian. Sedangkan pemilihan desain *exploratory sequential* digunakan karena penelitian diawali dengan pengumpulan dan analisis data kualitatif untuk mengeksplorasi fenomena secara mendalam. Temuan kualitatif tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam fase pengembangan e-modul bermuatan ESD, sebelum dilanjutkan dengan pengumpulan data kuantitatif untuk menjelaskan hubungan yang muncul dari hasil analisis kualitatif (Creswell & Guetterman, 2019)

Penelitian ini dilakukan melalui dua fase, fase 1 yaitu fase kualitatif yang digunakan pada tahap awal penelitian untuk mengumpulkan dan menganalisis data terkait isu pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar. Data kualitatif diperoleh dari masyarakat yang tinggal di sekitar pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar dan informasi dari instansi Dinas Lingkungan Hidup Aceh Besar melalui metode wawancara dan dokumentasi. Hasil analisis data kualitatif selanjutnya digunakan sebagai dasar pengembangan E-Modul dan instrumen untuk mengumpulkan data kuantitatif. Selanjutnya dilakukan tahapan penyusunan *outline* awal e-modul bermuatan ESD untuk melatih kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan peserta didik. Fase 2 yaitu fase kuantitatif merupakan fase uji coba secara menyeluruh e-modul bermuatan ESD kepada peserta didik.



Gambar 3.1 Desain Penelitian *exploratory sequential design* (Creswell & Guetterman, 2019)

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengumpulan data terkait isu pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar dilaksanakan di Dinas Lingkungan Hidup Aceh Besar dan Desa A, Kabupaten Aceh Besar dalam rentang waktu Mei hingga Juli 2025. Instrumen yang digunakan berupa pedoman wawancara semi-terstruktur dan dokumentasi, dengan sasaran penelitian meliputi satu pegawai Dinas Lingkungan Hidup, satu orang perangkat desa dan empat masyarakat di desa A dan B.

Selanjutnya, tahapan pengembangan e-modul bermuatan ESD dilaksanakan pada bulan Juni–Juli 2025 di SMA Negeri A, B, dan C, mencakup proses analisis kebutuhan, perumusan konten berdasarkan temuan kualitatif, penyusunan struktur e-modul, serta validasi awal melalui diskusi dengan praktisi/ahli pendidikan biologi dan pemangku kepentingan lokal. Tahapan ini menjadi dasar untuk menghasilkan prototipe e-modul yang kemudian diuji secara kuantitatif pada fase berikutnya.

Selanjutnya, fase kuantitatif adalah tahapan implementasi e-modul bermuatan ESD dilaksanakan pada bulan Juli- Oktober 2025 di salah satu SMA Negeri di Kabupaten Aceh Besar. Fase ini bertujuan untuk mengukur penggunaan e-modul bermuatan ESD dalam meningkatkan kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan peserta didik, sekaligus mengidentifikasi tanggapan peserta didik terhadap penggunaan e-modul dalam pembelajaran. Fase kuantitatif, melibatkan 72 peserta didik kelas X tahun ajaran 2025/2026. Instrumen yang digunakan terdiri atas tes esai berpikir sistem, angket kesadaran berkelanjutan, dan angket respons terhadap penggunaan e-modul bermuatan ESD.

3.3 Partisipan dan Teknik Sampling

Penelitian ini melibatkan beberapa partisipan baik pada fase kualitatif dan fase kuantitatif yang ditampilkan pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Partisipan dan Teknik Sampling

No	Partisipan	Tujuan	Jumlah (orang)	Teknik Sampling	Pengumpulan Data
Pengumpulan Data Kualitatif					
1.	Sekretaris Desa A dan B Aceh Besar	Mengeksplorasi isu terkait pabrik semen di	1	<i>Purposive sampling</i>	Wawancara

2.	Masyarakat Desa A dan B	Kabupaten Aceh Besar dalam tiga pilar keberlanjutan	4	<i>Purposive sampling</i>	
3.	Pegawai Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Besar		1	<i>Purposive sampling</i>	
Penyusunan e-modul dan Instrumen Penelitian					
1	Guru Biologi	Mengetahui gambaran praktik pembelajaran yang dilaksanakan selama ini	4	<i>Purposive sampling</i>	Wawancara
2	Validator	untuk melakukan penilaian pada e-modul yang telah dikembangkan	4	<i>Purposive sampling</i>	Angket
3	Peserta didik kelas XI SMA A	uji coba keterbacaan e-modul	25	<i>Convinience sampling</i>	Tes Rumpang
4	Peserta didik Kelas XI SMA A	Uji coba terbatas e-modul	25	<i>Convinience sampling</i>	Angket
5	Peserta didik kelas XI SMA A dan B	Uji coba Instrumen Kompetensi Berpikir sistem dan kesadaran Berkelanjutan	45	<i>Convinience sampling</i>	Tes dan Angket
Pengumpulan Data Kuantitatif					
1	Peserta didik Kelas X SMA Negeri A	uji utama penggunaan e-modul secara keseluruhan	72	<i>Convinience sampling</i>	Tes dan Angket

Pada fase kualitatif terdiri atas enam jenis partisipan yang menjadi sumber data melalui wawancara. Pemilihannya dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, Partisipan dipilih dengan maksud tertentu karena dianggap mampu menyampaikan informasi yang penting dan tidak dapat diperoleh dari sumber lain.

Partisipan tersebut dipilih karena memiliki pengetahuan dan pengalaman yang relevan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Pada fase pengembangan e-modul dan instrumen kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan terdapat 5 kelompok partisipan yang ditentukan dengan teknik *purposive sampling* dan *Convinience sampling*. Pemilihan teknik *convenience sampling* dilakukan pada fase pengembangan karena kemudahan akses oleh peneliti. Pada fase kuantitatif partisipan dipilih dengan teknik *convenience sampling* karena ketersediaan di sekolah.

3.4 Definisi Operasional

Agar tidak menimbulkan penafsiran yang berbeda dalam penelitian, beberapa variabel perlu didefinisikan secara operasional, yaitu sebagai berikut.

a. E-Modul Bermuatan *Education for Sustainable Development* (ESD)

Modul yang dikembangkan untuk digunakan pada penelitian ini berupa modul elektronik berbasis web dengan bantuan aplikasi *Heyzin flipbook*. E-modul dapat diakses dimana saja oleh peserta didik dan dilengkapi dengan soal-soal latihan yang memfasilitasi kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan. E-modul dirancang dengan mempertimbangkan muatan pilar ESD yaitu lingkungan, sosial dan ekonomi yang disesuaikan dengan materi ekosistem. Isu kontekstual yang diangkat pada e-modul adalah isu pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar di Aceh Besar yang diintegrasikan dalam sub materi ekosistem seperti komponen ekosistem dan interaksi, Tipe-tipe ekosistem, aliran energi, daur biogeokimia dan konservasi dan restorasi ekosistem. Kelayakan e-modul dievaluasi melalui uji validitas menggunakan lembar penilaian yang diisi oleh empat validator, terdiri atas dua dosen ahli dan dua guru Biologi, dengan rentang skor penilaian 1–4. Selain itu, dilakukan uji coba terbatas menggunakan *cloze test* (uji rumpang) untuk menilai sejauh mana isi e-modul mudah dipahami oleh pembaca.

b. Kompetensi Berpikir Sistem

Kompetensi berpikir sistem yang dimaksud pada penelitian ini adalah kemampuan peserta didik untuk memandang suatu fenomena sebagai sebuah sistem yang di dalamnya terdapat komponen-komponen yang saling mempengaruhi. Aspek kompetensi berpikir sistem merujuk pada kompetensi kunci untuk keberlanjutan (UNESCO, 2017). Kompetensi berpikir sistem didefinisikan sebagai

kemampuan untuk mengenali dan memahami hubungan, kemampuan untuk menganalisis sistem yang kompleks, kemampuan untuk memahami cara di mana sistem tertanam dalam domain dan skala yang berbeda, serta kemampuan untuk menghadapi ketidakpastian. Kompetensi berpikir sistem diukur menggunakan instrumen tes kompetensi berpikir sistem berupa soal uraian (8 soal) yang diberikan kepada peserta didik sebelum dan setelah perlakuan.

c. Kesadaran Berkelanjutan

Kesadaran berkelanjutan dalam penelitian ini adalah kesadaran peserta didik akan konsep keberlanjutan dengan mengetahui tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs). Kesadaran berkelanjutan peserta didik diukur menggunakan instrumen non-tes yang dikembangkan berdasarkan kuesioner kesadaran berkelanjutan / Sustainability Consciousness Questionnaire (SCQ) dari (*Gericke et al.*, 2018). Instrumen terdiri dari 3 indikator yaitu, pengetahuan, sikap, dan perilaku dengan masing-masing memiliki 3 dimensi (lingkungan, sosial dan ekonomi).

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian mengacu pada metode campuran (*Mixed methods*) dengan desain penelitian eksploratori sekuensial yang terdiri dari fase kualitatif, fase pengembangan dan fase kuantitatif. Tahapan pada setiap fase dijelaskan pada gambar 3.2. Prosedur penelitian dijabarkan sebagai berikut:

3.5.1. Fase Kualitatif

Dalam fase kualitatif, proses penelitian mencakup tiga tahapan, yaitu pengumpulan data kualitatif, analisis data kualitatif, dan penyajian temuan data kualitatif. Penjelasan detailnya adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data Kualitatif

Pengumpulan data kualitatif untuk mendapatkan isu pabrik semen dilakukan dengan melakukan wawancara kepada perangkat desa, masyarakat dan pegawai Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Besar. Selain itu, kajian literatur dilakukan untuk mendapatkan data tambahan dan pendukung dari data hasil wawancara.

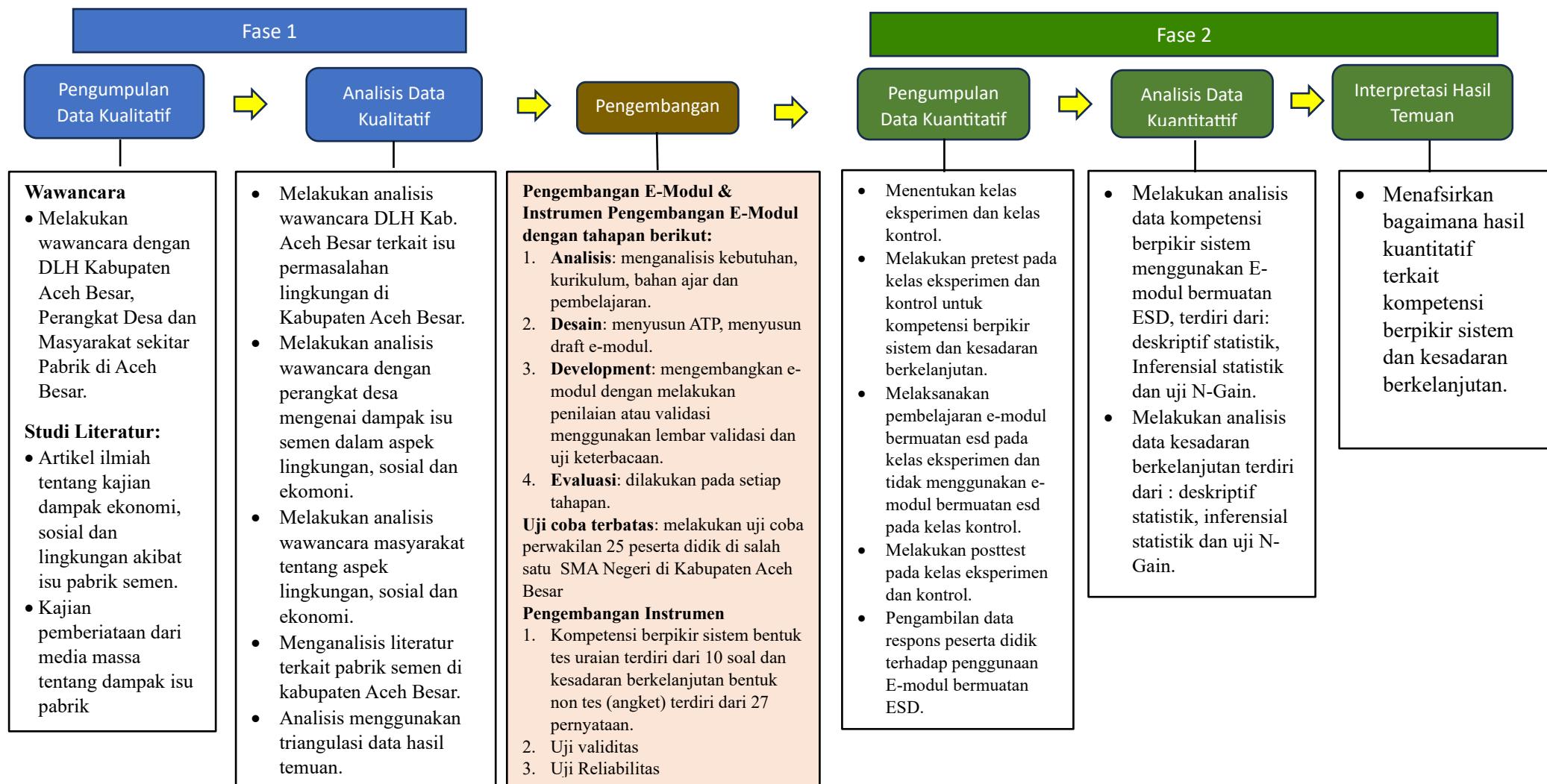
2. Analisis Data Kualitatif

Setelah data hasil wawancara terkumpul, selanjutnya dilakukan transkrip wawancara, meninjau ulang data, tahapan koding (open koding, axial koding dan

selektif koding), reduksi koding, dan pemetaan hasil koding dengan penyesuaian dengan sub materi ekosistem

3. Penyajian Temuan Data Kualitatif

Hasil dari data kualitatif yang telah disajikan secara deskriptif kemudian dipetakan dan dianalisis hubungannya dengan sub materi ekosistem. Analisis ini menjadi landasan dalam pengembangan produk e-modul sekaligus penyusunan instrumen yang akan digunakan pada tahap kuantitatif penelitian.



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian dengan Desain Exploratory Sequential Design

3.5.2. Fase Pengembangan E-Modul

Fase pengembangan dalam penelitian ini difokuskan pada pembuatan E-modul serta penyusunan instrumen penelitian, yang didasarkan pada variabel-variabel yang telah ditentukan dan hasil analisis data kualitatif. Tahap ini secara mendasar mencerminkan upaya mengintegrasikan temuan dari analisis kualitatif dengan variabel-variabel yang akan dikembangkan dan diukur. Pengembangan E-modul dilakukan menggunakan pendekatan ADDIE, yang terdiri dari lima tahap berurutan, yaitu Analisis (*Analyze*), Desain (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), dan Evaluasi (*Evaluation*). Penjabaran lebih rinci mengenai setiap tahapan pengembangan E-modul dengan pendekatan ADDIE akan dibahas pada bagian berikutnya:

1. Menganalisis Kebutuhan E-Modul (*Analyze*)

Fase Analisis merupakan tahap awal dalam model ADDIE. Pada tahap ini, dilakukan kajian mendalam terhadap kurikulum yang berlaku, bahan ajar yang digunakan dalam proses pembelajaran, serta strategi pengajaran yang diterapkan oleh guru. Untuk memperoleh data yang relevan dan menyeluruh, kegiatan analisis dilaksanakan melalui wawancara dengan guru dan peserta didik. Pedoman wawancara guru dan hasil analisis bahan ajar yang digunakan guru dapat dilihat pada lampiran 4 dan 33.

2. Merancang E-modul (*Design*)

Proses merancang E-Modul diawali dengan menyesuaikan Capaian Pembelajaran (CP) pada Fase E dan menentukan Tujuan Pembelajaran (TP), menentukan bentuk penyelarasan isu pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar dalam e-modul, menyusun kerangka isi e-modul, merancang tata letak serta penulisan, dan menentukan fitur-fitur yang akan diintegrasikan ke dalam e-modul.

3. Pengembangan (*Development*)

Setelah tahap perancangan E-modul selesai, proses dilanjutkan ke fase Pengembangan (*Development*) yang mengintegrasikan isu pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar. Pada fase ini, dilakukan uji e-modul oleh para ahli validator. Instrumen validasi mencakup penilaian kelayakan isi materi serta kelayakan media, termasuk aspek grafik dan kebahasaan. Validasi bertujuan memastikan bahwa E-modul yang dikembangkan memiliki tingkat keabsahan yang memadai sehingga

layak digunakan dalam pembelajaran materi ekosistem. Proses ini melibatkan empat validator, yakni dua dosen ahli dan dua guru Biologi SMA. Selain pengembangan produk, tahap ini juga mencakup penyusunan instrumen pengukuran kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan yang akan diterapkan pada fase kuantitatif penelitian. Lembar validasi e-modul dan instrumen kompetensi berpikir sistem serta kesadaran berkelanjutan dapat dilihat pada Lampiran 6, 11 dan 14.

4. Tahapan Pelaksanaan (*Implementation*)

Tahap *Implementation* (pelaksanaan) merupakan tahap penerapan e-modul bermuatan ESD setelah melalui proses pengembangan yang meliputi uji coba terbatas, uji keterbacaan dan uji coba instrumen kompetensi berpikir sistem serta kesadaran berkelanjutan. Uji coba terbatas dilakukan pada sampel peserta didik sebanyak 25 orang, di mana setelah menggunakan e-modul, peserta didik diberikan angket respons untuk menilai persepsi mereka terhadap e-modul yang dikembangkan. Selain itu, uji keterbacaan dilakukan menggunakan instrumen *cloze test* pada 25 peserta didik sebagai sampel. Instrumen *cloze test* dapat dilihat pada lampiran 7. Hasil dari uji coba ini akan dianalisis dan ditinjau kembali sebelum e-modul siap untuk diimplementasikan secara luas dalam pembelajaran. Selanjutnya, dilakukan uji validitas dan reliabilitas terhadap instrumen pengukuran kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan yang telah dikembangkan pada 45 peserta didik kelas XI, sehingga hasil pengujian ini dapat dijadikan acuan untuk menentukan kelayakan instrumen sebelum digunakan secara lebih luas. Hasil uji reliabilitas dan validitas instrumen kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan dapat dilihat pada lampiran 11 dan 13.

5. Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi (*evaluation*) bertujuan untuk menyempurnakan e-modul bermuatan ESD agar lebih relevan dan efektif dalam proses pembelajaran di sekolah. Evaluasi dilakukan dengan meninjau penerapan e-modul pada materi ekosistem, khususnya dengan memperhatikan respons dan tanggapan peserta didik terhadap modul tersebut. Setelah e-modul digunakan di sekolah, peneliti akan mengidentifikasi bagian-bagian yang perlu diperbaiki, sehingga modul yang

dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan pembelajaran dan tetap sesuai dengan kurikulum Merdeka.

3.5.3. Fase Kuantitatif

Fase kuantitatif merupakan tahapan implementasi e-modul bermuatan ESD kepada peserta didik. Tahapan ini terdiri dari pengumpulan data kuantitatif, analisis data kuantitatif dan interpretasinya.

a. Pengumpulan Data Kuantitatif

Pengumpulan data kuantitatif dilakukan bersamaan dengan penerapan e-modul bermuatan ESD. Instrumen yang digunakan berupa tes kompetensi berpikir sistem dan angket kesadaran berkelanjutan, yang telah dikembangkan serta diuji validitas dan reliabilitasnya pada tahapan pelaksanaan (*Implementation*) dalam fase pengembangan. Data yang dikumpulkan pada fase ini bertujuan untuk mengetahui adanya peningkatan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol pada kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan. Proses pengumpulan data dilakukan dengan menetapkan satu kelas eksperimen dan satu kelas kontrol, yang melibatkan total 72 peserta didik. Kelas eksperimen diberikan pembelajaran menggunakan e-modul bermuatan ESD, sedangkan kelas kontrol mengikuti pembelajaran dengan bahan ajar konvensional sesuai praktik yang biasa dilakukan guru dalam pembelajaran biologi. Desain pengumpulan data kuantitatif disajikan pada Tabel 3.3

Tabel 3.2 Desain Penelitian *non-equivalent control group design*

C1	O1	X	O2
C2	O1	-	O2

(Creswell, J. W., 2019)

C1	Kelas eksperimen.
C2	Kelas kontrol.
O1	Peserta didik mengerjakan soal <i>pretest</i> kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan.
O2	Peserta didik mengerjakan soal <i>posttest</i> kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan.
X	Pembelajaran materi ekosistem dengan menggunakan E-modul bermuatan ESD yang dikembangkan.
-	Pembelajaran materi ekosistem dengan menggunakan buku teks yang tidak bermuatan ESD

b. Analisis Data Kuantitatif

Data kuantitatif yang telah dikumpulkan kemudian diolah melalui analisis statistik deskriptif dan inferensial. Analisis ini meliputi pengujian perbedaan rata-rata, perhitungan nilai gain, serta penentuan proporsi n-gain pada tiap peserta didik di kelas kontrol maupun kelas eksperimen.

c. Interpretasi Data Kuantitatif

Interpretasi data kuantitatif dilakukan untuk memahami makna dari hasil pengukuran yang diperoleh dan memastikan temuan penelitian dapat menjawab tujuan yang telah dirumuskan. Pada bagian ini, hasil skor *pretest* dan *posttest* peserta didik dianalisis untuk melihat peningkatan kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan setelah mengikuti pembelajaran menggunakan e-modul bermuatan ESD. Data kuantitatif tersebut kemudian diolah dan diuji secara statistik menggunakan statistik deskriptif dan inferensial, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai efektivitas intervensi pembelajaran yang diterapkan.

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian disusun berdasarkan tujuan dan variabel yang diukur untuk memperoleh data yang valid dan relevan. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dijelaskan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.3 Target, sumber data, instrumen penelitian dan teknik pengumpulan data

No	Target	Sumber Data	Instrumen Penelitian	Teknik Pengumpulan Data
Fase Kualitatif				
1	Isu Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar	• Masyarakat sekitar Pabrik Semen di kab. Aceh Besar	Pedoman wawancara	Wawancara
		• Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Besar.	Lembar Analisis Literatur	Kajian Literatur
		• Dokumen mengenai Isu pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar melalui		

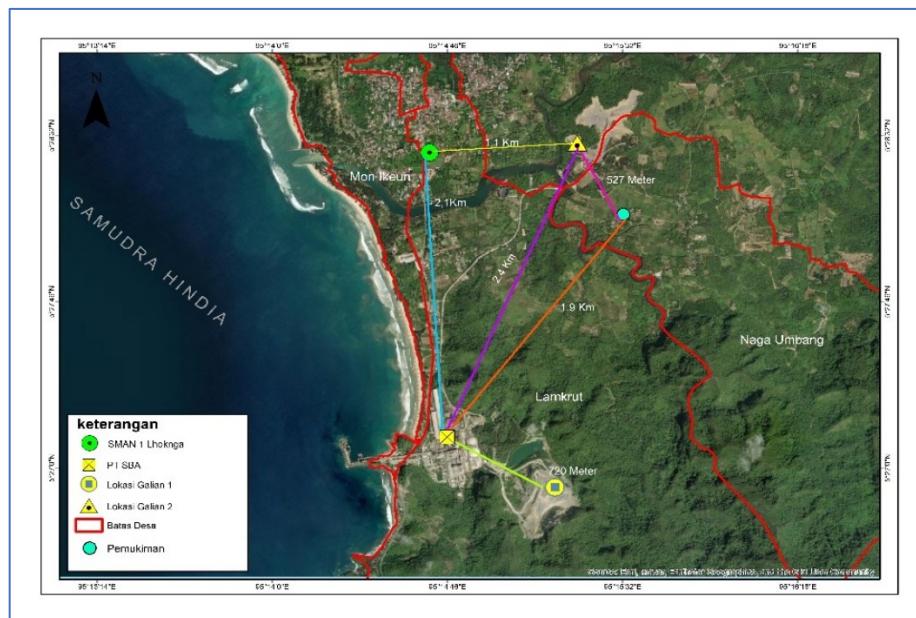
		artikel penelitian, berita dari media dan Video.		
Tahap Pengembangan Instrumen dan E-Modul				
1	Analisis kebutuhan E-Modul dan kondisi pembelajaran di sekolah	Guru Biologi SMA kelas X	Pedoman wawancara	Wawancara
2	Validasi E-Modul	Dosen Ahli dan Guru Biologi	Lembar Validasi	Angket
3	Uji coba Instrumen Kompetensi Berpikir Sistem dan Kesadaran Berkelanjutan	Peserta Didik	Isian dan Kuesioner	Tes dan Angket
4	Uji coba Keterbacaan E-Modul	Peserta Didik	<i>Cloze test</i>	Tes Rumpang
5	Respons penggunaan terbatas e-modul	Peserta Didik	Lembar Kuesioner	Angket
Fase Kuantitatif Penerapan E-Modul bermuatan ESD				
1	Kompetensi Berpikir Sistem	Peserta Didik	Instrumen tes kompetensi berpikir sistem	<i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>
2	Kesadaran Berkelanjutan	Peserta Didik	Instrumen non-tes kesadaran berkelanjutan	<i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>
3	Respons peserta didik terhadap e-modul	Peserta Didik	Instrumen respons peserta didik terhadap pembelajaran menggunakan E-Modul	Angket tanggapan peserta didik

1. Instrumen Wawancara Data Isu Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar

Data terkait isu-isu dari pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar yang dikaitkan dengan materi ekosistem diperoleh melalui wawancara dan analisis dokumen. Wawancara dilakukan dengan melibatkan perangkat desa dan masyarakat di Desa A serta B yang merupakan wilayah terdekat dengan lokasi

pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar. Peta wilayah penelitian di sekitar pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Selanjutnya wawancara dengan pihak Dinas Lingkungan Hidup Aceh Besar juga dilakukan untuk memperkuat dan melengkapi data terkait isu-isu pabrik semen. Selain itu dilakukan juga analisis dokumen baik secara teks dan video yang didapatkan dari media. Kisi-kisi pedoman wawancara untuk perangkat desa, masyarakat Desa A dan B, serta pegawai Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Besar disajikan pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5, sedangkan lembar wawancara dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 3.3 Peta Wilayah Penelitian di Sekitar Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar

Tabel 3.4 Kisi-Kisi Pedoman Wawancara dengan Perangkat Desa dan Masyarakat di Desa A dan Desa B Kabupaten Aceh Besar

Aspek	Nomor	Jumlah
Informasi umum keberadaan Pabrik Semen Bangun Andalas	1, 2, 3, 4 dan 5	5 pertanyaan
Aspek Lingkungan terkait Isu pabrik semen	6, 7, 8, 9, 10, dan 11	6 pertanyaan
Aspek Sosial terkait Isu Pabrik Semen	12, 13, 14, 15, dan 16	5 pertanyaan
Aspek Ekonomi terkait Isu Pabrik Semen	17, 18, 19, 20, 21, dan 22	6 pertanyaan
Kolaborasi dan Harapan di Masa Depan	23, 24, 25, dan 26	4 pertanyaan

Jumlah Pertanyaan	26 pertanyaan
-------------------	---------------

Tabel 3.5 Kisi- Kisi Pedoman Wawancara dengan Pegawai Dinas Lingkungan Hidup

No	Aspek	Indikator	Jumlah	Narasumber
1	Identifikasi isu lingkungan utama	Dampak pabrik Semen Bangun Andalas terhadap Lingkungan	1,3,4,5 dan 6	5 pertanyaan
		Sumber aktivitas penyebab permasalahan	2 dan 7	2 pertanyaan
2	Perubahan Ekosistem	Dampak Lingkungan	8, 9, 10 dan 11	4 pertanyaan
		Dampak Sosial dan Ekonomi	12, 13, 14, 15, 16, dan 17	6 pertanyaan
3	Upaya dan Program penanganan	Program yang telah dilaksanakan	18 dan 19	2 pertanyaan
		Kerjasama dengan stakeholder	20, 21, 22 dan 23	4 pertanyaan
		Kendala dalam melaksanakan program mitigasi	24	1 pertanyaan
		Rencana masa depan	25 dan 26	2 pertanyaan
Jumlah pertanyaan				26 Pertanyaan

2. Instrumen Data Analisis Kebutuhan E-Modul dan Kondisi Pembelajaran di Sekolah

Instrumen wawancara pada tahap analisis kebutuhan digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi pembelajaran Biologi di sekolah serta kebutuhan guru terhadap pengembangan e-modul bermuatan ESD. Fokus wawancara meliputi pengalaman guru dalam melaksanakan pembelajaran, ketersediaan serta pemanfaatan bahan ajar yang digunakan, dan berbagai kendala yang dihadapi selama proses belajar mengajar. Selain itu, wawancara juga mengeksplorasi penggunaan media digital dalam pembelajaran serta pandangan guru mengenai urgensi integrasi isu keberlanjutan dalam materi Biologi. Wawancara dilaksanakan terhadap empat guru Biologi dari tiga SMA Negeri di Kabupaten Aceh Besar. Kisi-kisi pertanyaan wawancara secara lengkap disajikan pada tabel 3.6, Sedangkan transkrip wawancara dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 3.6 Kisi -Kisi Pedoman Wawancara Guru

Aspek	Indikator	Nomor	Jumlah
Penggunaan Bahan Ajar	a. Menjelaskan gambaran bahan ajar yang dipakai oleh guru dan peserta didik untuk pembelajaran.	1 dan 2	6 pertanyaan
	b. Menyebutkan kelebihan dan kekurangan bahan ajar yang dipakai selama ini.	3	
	c. Pembelajaran digital	4 dan 5	
	d. Bahan ajar tambahan yang dipakai di sekolah.	6	
Kendala menggunakan bahan ajar	a. Menjelaskan kendala yang ditemui pendidik dalam mencari bahan ajar	7 dan 8	4 pertanyaan
	b. Cara mengatasi kendala dalam mencari bahan ajar tambahan	9	
	c. Menjelaskan penggunaan bahan ajar e-modul	10	
Persepsi guru mengenai kebutuhan bahan ajar mandiri	a. Menjelaskan pengalaman dalam membuat bahan ajar mandiri	11	3 Pertanyaan
	b. Cara mengakses bahan ajar mandiri berserta hambatan yang dirasa	12	
	c. Mengetahui pendapat mengenai pengembangan modul yang diharapkan guru	13	
Pemahaman guru mengenai pembelajaran ESD	a. Menjelaskan mengenai konsep ESD dalam pembelajaran di SMA	14, 15, 16, 17, 18	8 pertanyaan
	b. Menjelaskan kesulitan yang dihadapi pada saat penerapan konsep ESD dalam pembelajaran	19	
	c. Integrasi materi lingkungan, sosial dan ekonomi dalam satu topik pembelajaran.	20 dan 21	
Kompetensi Berpikir sistem	a. Menjelaskan mengenai konsep berpikir sistem dalam pembelajaran.	22, 23, 24, dan 25	6 pertanyaan
	b. Integrasi berpikir sistem dalam pembelajaran	26	
	c. Mengetahui pendapat mengenai pembekalan kompetensi berpikir sistem bagi peserta didik	27	
Kesadaran Berkelanjutan	a. Mengetahui mengenai konsep kesadaran berkelanjutan	28	5 pertanyaan
	b. Integrasi kesadaran berkelanjutan dalam pembelajaran	29, 30 dan 31	

Aspek	Indikator	Nomor	Jumlah
	c. Mengetahui pendapat mengenai pembekalan kesadaran berkelanjutan bagi peserta didik	32	
Materi Ekosistem	a. Mengetahui proses pembelajaran pada materi Ekosistem yang dilakukan di Sekolah	33, 34 dan 35	
E- Modul Bermuatan ESD	a. Menjelaskan ketersediaan e-modul bermuatan ESD	36,37, dan 38	7 pertanyaan
	b. Mengetahui pendapat mengenai pengembangan e-modul bermuatan ESD	39	

3. Instrumen Lembar Validasi E-Modul

Validasi e-modul dilakukan dengan tujuan memastikan memiliki tingkat keabsahan yang memadai. Pada tahap ini, e-modul dinilai oleh empat validator yang terdiri atas 2 dosen ahli dan 2 guru biologi. Penilaian dilakukan menggunakan lembar validasi dalam bentuk angket dengan skala Likert. Rincian kisi-kisi instrumen yang digunakan dalam lembar validasi dapat dilihat pada Tabel 3.7, sedangkan instrumen lembar validasi e-modul bermuatan ESD dapat dilihat pada lampiran 6.

Tabel 3.7 Kisi - Kisi Instrumen Lembar Validasi

No	Kriteria	Pernyataan	Jumlah
1	Materi	a) Kebenaran dan keakuratan materi, kemutakhiran data dan konsep. b) Menggunakan sumber materi yang benar secara teoritis dan empirik. c) Mendorong timbulnya kemandirian dan inovasi. d) peserta didik mampu memotivasi untuk mengembangkan dirinya. e) Materi memfasilitasi kemampuan peserta didik dalam mengenali dan memahami hubungan antar komponen dalam suatu sistem. f) Materi memfasilitasi kemampuan peserta didik	11 pernyataan

		<p>dalam menganalisis sistem yang kompleks.</p> <p>g) Materi memfasilitasi pemahaman peserta didik tentang keterlibatan sistem pada skala dan domain yang berbeda.</p> <p>h) Materi memfasilitasi peserta didik dalam memahami dan mempertimbangkan unsur ketidakpastian dalam suatu sistem.</p> <p>i) Materi memfasilitasi peningkatan pengetahuan berkelanjutan peserta didik.</p> <p>j) Materi memfasilitasi pembentukan sikap berkelanjutan peserta didik.</p> <p>k) Materi memfasilitasi pembentukan perilaku berkelanjutan peserta didik.</p>	
2	Kebahasaan	<p>a) Penggunaan bahasa pada kalimat tepat, lugas, jelas, dan sesuai dengan Tingkat perkembangan usia.</p> <p>b) ilustrasi materi, baik teks maupun gambar memperjelas materi/konten.</p> <p>c) Bahasa yang digunakan komunikatif dan informatif, edukatif, santun, etis, dan estetis sesuai dengan Tingkat perkembangan usia.</p> <p>d) judul buku dan judul bagian-bagian materi/konten buku harmonis/selaras, menarik dan tidak provokatif.</p>	4 pernyataan
3	Penyajian materi	<p>a) Materi disajikan runtut, koheren, lugas, mudah dipahami, dan interaktif.</p>	5 pernyataan

		<ul style="list-style-type: none"> b) Ilustrasi materi, baik teks maupun gambar menarik sesuai dengan tingkat perkembangan usia pembaca dan mampu memperjelas materi/konten. c) Penyajian materi dapat merangsang berpikir sistem. d) Mengandung wawasan kontekstual, dalam arti relevan dengan kehidupan keseharian serta mampu mendorong pembaca untuk mengalami menemukan sendiri hal kehidupan sehari-hari. e) Penyajian materi menarik sehingga menyenangkan bagi pembacanya dan dapat menumbuhkan rasa keingintahuan yang mendalam. 	
4	Kegrafikan	<ul style="list-style-type: none"> a) Ukuran buku sesuai dengan Tingkat perkembangan usia dan materi. b) Tampilan tata letak sesuai dan memiliki kesatuan (<i>unity</i>) c) pemberian warna pada unsur tata letak harmonis dan dapat memperjelas fungsi. d) penggunaan huruf dan ukuran huruf disesuaikan dengan Tingkat perkembangan usia e) ilustrasi yang digunakan mampu memperjelas pesan yang ingin disampaikan. 	5 pernyataan
Total			25 Pernyataan

Diadaptasi (Kemendikbud, 2017)

4. Instrumen Uji Coba Keterbacaan E-Modul

Uji coba terbatas terhadap e-modul bermuatan ESD dilakukan dengan menilai tingkat keterbacaannya melalui instrumen tes rumpang. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana peserta didik mampu memahami isi materi yang disajikan dalam e-modul saat digunakan dalam pembelajaran. Pelaksanaan tes rumpang mengacu pada prosedur yang dikembangkan oleh (Taylor, 1953) dengan langkah sebagai berikut:

- 1) Memilih satu wacana yang relatif sempurna atau yang tidak tergantung dengan informasi selanjutnya.
- 2) Menghapus setiap kata yang mengandung awalan *ke-* dan akhiran *-an* tanpa mempertimbangkan fungsi maupun makna dari kata tersebut.
- 3) Bagian yang dihilangkan diganti dengan tanda atau simbol tertentu, misalnya garis datar (---) dengan panjang yang disesuaikan.
- 4) Menyediakan salinan materi yang diperlukan bagi peserta didik.
- 5) Mengarahkan peserta didik untuk melengkapi bagian yang dihilangkan dengan cara mengajukan pertanyaan terkait isi wacana, memperhatikan konteks yang disajikan, atau mencermati kata-kata yang masih tersedia.

Kriteria tes rumpang sebagai alat ukur dapat dijelaskan pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Kriteria Tes Rumpang

Karakteristik	Sebagai alat ukur
Panjang wacana	Wacana terpilih antara 250-300 kata
Delisi atau lepasan	Setiap kata ke-n yang dilepaskan secara konsisten dan sistematis
Evaluasi	Jawaban berupa kata yang sesuai dan persis dengan kunci atau teks aslinya

(Taylor, 1953)

Pada penelitian ini, uji keterbacaan e-modul bermuatan ESD dilakukan dengan menggunakan potongan teks wacana dari setiap sub materi ekosistem dalam e-modul tersebut. Teks yang digunakan terdiri atas 284 kata dengan 35 soal rumpang, di mana setiap kata ke-7 dihilangkan untuk diisi oleh peserta didik. Lembar soal tes rumpang dilampirkan pada lampiran 7. Persentase jawaban benar kemudian dianalisis dan diinterpretasikan berdasarkan kriteria tingkat keterbacaan menurut (Suhadi, 1994).

Tabel 3.9 Interpretasi Tingkat Keterbacaan Pada Tes Rumpang

Tingkat keterbacaan	Kategori
TK > 57%	Tinggi
44% ≤ TK ≤ 57%	Sedang
TK < 44%	Rendah

(Suhadi, 1994)

5. Instrumen Respons Uji Coba Terbatas E-Modul

Respons uji coba terbatas terhadap e-modul dilaksanakan untuk menilai tingkat kepraktisan e-modul dalam proses pembelajaran. Selain itu, uji coba ini bertujuan mengevaluasi aspek kelayakan materi, penyajian, kebahasaan, serta tampilan e-modul. Instrumen yang digunakan berupa angket respons peserta didik terhadap penggunaan e-modul, yang diberikan kepada 25 peserta didik sebagai sampel pada tahap ini. Instrumen respons uji coba terbatas e-modul disajikan pada Lampiran 9. Kisi-kisi angket respons uji coba terbatas e-modul ditampilkan pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Kisi - Kisi Angket Respons Uji Coba Terbatas E-Modul

No	Aspek	Pernyataan	Jumlah
1	Fungsi E-Modul	E-modul dapat mendorong kemandirian belajar	4 pernyataan
		E-modul dapat meningkatkan motivasi belajar	
		Kemudahan akses e-modul	
		kepraktisan penggunaan e-modul	
2	Kebahasaan	Penggunaan bahasa yang lugas dan tepat	4 Pernyataan
		Ilustrasi materi, baik teks maupun gambar dan memperjelas materi/konten	
		Bahasa yang digunakan komunikatif, informatif, edukatif, santun, etis, dan estetis	
		Judul e-modul dan judul bagian-bagian materi/konten buku harmonis/selaras, menarik dan tidak provokatif	
3	Penyajian Materi	Materi disajikan runtut, mudah dipahami, dan interaktif	5 Pernyataan
		Ilustrasi materi baik dalam teks, gambar, atau video menarik	
		tidak mengandung unsur pornografi, paham ekstrimisme, radikalisme, kekerasan, SARA, bias gender, dan	

No	Aspek	Pernyataan	Jumlah
		tidak mengandung nilai penyimpangan lainnya	
4	Kegrafikan	Mengandung wawasan kontekstual dan relevan dengan kehidupan sehari-hari saya	6 Pernyataan
		Penyajian materi menarik sehingga menyenangkan	
		Ukuran e-modul sudah sesuai	
		Tampilan tata letak (<i>Layout</i>) sesuai	
		Pemberian warna pada unsur tata letak harmonis dan dapat memperjelas fungsi	
		Penggunaan huruf dan ukuran huruf sudah sesuai	
Jumlah			19

6. Instrumen Kompetensi Berpikir Sistem dan Kesadaran Berkelanjutan

1) Instrumen Kompetensi Berpikir Sistem

Instrumen kompetensi berpikir sistem yang digunakan pada penelitian ini disusun berdasarkan *framework* UNESCO (2017) dan diadaptasi dari penelitian Eliyawati *et al.* (2023) serta Rosyidah, (2024). Indikator yang digunakan adalah : 1) Kemampuan untuk mengenali dan memahami hubungan; 2) Kemampuan untuk menganalisis sistem yang kompleks; 3) Kemampuan untuk memahami cara di mana sistem tertanam dalam domain (ekonomi, sosial, dan lingkungan) serta skala (lokal dan global) yang berbeda; 4) Kemampuan untuk menghadapi ketidakpastian. Sebelum instrumen digunakan pada skala besar untuk mendapatkan data kuantitatif, maka terlebih dahulu dilakukan uji coba instrumen pada 45 peserta didik kelas XI. Pertimbangan pemilihan sampel adalah peserta didik kelas XI telah mendapatkan materi ekosistem pada kelas sebelumnya. Adapun kisi-kisi Instrumen kompetensi berpikir sistem disajikan pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Kisi-kisi Instrumen Soal Kompetensi Berpikir Sistem

Indikator Berpikir Sistem	Indikator Soal	No Soal	Jumlah Soal
Kemampuan untuk mengenali dan memahami hubungan	Peserta didik mampu mengidentifikasi hubungan antara komponen penyusun ekosistem.	1	1
	Peserta didik mampu menyebutkan komponen penyusun ekosistem	2	1
Kemampuan untuk menganalisis sistem yang kompleks	Peserta didik mampu menjelaskan hubungan timbal balik antara komponen serta dampaknya terhadap keseimbangan ekosistem danau	3	1
	Peserta didik mampu menganalisis keseimbangan dinamis yang terdapat di dalam ekosistem.	4 dan 5	2
Kemampuan untuk memahami cara di mana sistem tertanam dalam domain dan skala yang berbeda.	Peserta didik mampu menunjukkan keterkaitan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan pada konteks ekosistem.	6	1
	Peserta didik mampu mengkaji dampak perubahan ekosistem secara lokal maupun global.	7	1
Kemampuan untuk menghadapi ketidakpastian	Peserta didik mampu memprediksi dampak jangka panjang dari perubahan populasi suatu organisme.	8 dan 10	2
	Peserta didik mampu menyajikan solusi dari isu yang diberikan.	9	1
Jumlah Soal			10

(Eliyawati *et al.*, 2023; Rosyidah, 2024)

Uji coba instrumen kompetensi berpikir sistem dilakukan untuk mengukur validitas, reliabilitas, daya pembeda dan tingkat kesukaran pada setiap soal. Hasil perhitungan validitas pada butir soal akan diinterpretasikan berdasarkan kriteria menurut Arikunto (2016).

Tabel 3.12 Kriteria Validitas Butir Soal

Nilai Interval Xy	Kriteria
0,80-1,00	Sangat tinggi
0,60-0,80	Tinggi
0,40-0,60	Cukup
0,20-0,40	Rendah
0,00-0,20	Sangat Rendah

(Arikunto, 2016)

Sedangkan perhitungan reliabilitas akan dinterpretasikan menurut Arikuto, (2016) dengan kriteria sebagai berikut:

Tabel 3.13 Kriteria Reliabilitas Butir Soal

Nilai	Kriteria
$0,80 < r_{xy} \leq 1,00$	Sangat tinggi
$0,60 < r_{xy} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_{xy} \leq 0,60$	Cukup
$0,20 < r_{xy} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 < r_{xy} \leq 0,20$	Sangat Rendah

(Arikunto, 2016)

Hasil dari uji coba ini menjadi dasar dalam pengambilan keputusan mengenai butir soal yang dipertahankan, direvisi, atau dieliminasi sebelum digunakan pada tes skala besar. Uji coba instrumen kompetensi berpikir sistem dilakukan menggunakan 10 butir soal uraian. Setiap indikator kompetensi diwakili oleh 2–3 soal yang dirancang untuk menggambarkan kemampuan peserta didik sesuai indikator berpikir sistem yang diukur. Selanjutnya dilakukan analisis butir soal berupa validitas dan reliabilitas dengan aplikasi ANATES Versi 4.0.5 terlampir pada lampiran 11. Ringkasan hasil analisis uji coba soal kompetensi berpikir sistem disajikan pada tabel 3.14.

Tabel 3.14 Hasil Analisis Soal Kompetensi Berpikir Sistem

No Soal	Daya Pembeda	Tingkat Kesukaran	Korelasi	Sig.Korelasi	Keterangan
1	50.00%	Mudah	0.775	Sangat Signifikan	Digunakan
2	43.75%	Sedang	0.760	Sangat Signifikan	Digunakan
3	35.42%	Sedang	0.612	Signifikan	Digunakan
4	37.50%	Sedang	0.724	Sangat Signifikan	Digunakan
5	12.50%	Sukar	0.269	-	Tolak
6	35.42%	Sukar	0.757	Sangat Signifikan	Digunakan
7	50.00%	Sedang	0.761	Sangat Signifikan	Digunakan
8	27.08%	Sukar	0.622	Signifikan	Digunakan
9	39.58%	Sedang	0.672	Signifikan	Digunakan
10	4.17%	Sangat Sukar	0.189	-	Tolak

Rata-rata = 13.87

Korelasi XY = 0.82

Butir Soal = 10

Simpangan Baku = 5.53

Reliabilitas = 0.90

Jumlah Subjek = 45

Berdasarkan hasil analisis soal instrumen kompetensi berpikir sistem pada Tabel 3.14, sebagian besar butir soal menunjukkan kualitas yang memadai untuk

digunakan pada tes skala besar. Tingkat kesukaran soal berada pada kategori mudah hingga sukar, yang menunjukkan variasi dan sebaran soal sudah cukup baik dalam mengukur kemampuan peserta didik. Selain itu, nilai korelasi pada delapan butir soal berada pada kategori signifikan hingga sangat signifikan. Merujuk pada Arikunto (2016) suatu butir soal layak digunakan apabila memiliki nilai korelasi ≥ 0.40 . Terdapat dua butir soal, yaitu soal nomor 5 dan 10 tidak memenuhi kriteria karena memiliki korelasi < 0.40 serta tingkat kesukaran yang terlalu tinggi. Sehingga soal nomor 5 dan nomor 10 dieliminasi. Pertimbangan terhadap jumlah soal uraian menjadi penting agar tes tetap efektif mengukur kemampuan, namun tetap realistik untuk dikerjakan oleh peserta didik dalam batas waktu yang tersedia. Soal kompetensi berpikir sistem yang digunakan pada uji coba skala besar disajikan pada Lampiran 12.

2) Instrumen Angket Kesadaran Berkelanjutan

Instrumen pengumpulan data terkait kesadaran berkelanjutan peserta didik pada penelitian ini menggunakan angket non-tes dengan skala Likert empat pilihan jawaban. Instrumen tersebut diadaptasi dari kerangka kesadaran berkelanjutan yang dikembangkan oleh Gericke *et al.* (2018), kemudian disesuaikan dengan konteks materi Ekosistem yang menjadi fokus penelitian. Angket memuat 27 butir pernyataan yang mencakup pernyataan positif dan negatif untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai tingkat kesadaran berkelanjutan peserta didik.

Uji coba terbatas angket kesadaran berkelanjutan melibatkan 45 peserta didik kelas XI sebagai partisipan. Tahap ini bertujuan untuk menguji validitas dan reliabilitas instrumen sehingga angket benar-benar layak digunakan pada pengambilan data skala besar. Proses analisis validitas dan reliabilitas dilakukan dengan bantuan aplikasi IBM SPSS Statistics 27, hasil perhitungannya disajikan pada lampiran 13. Adapun kisi-kisi instrumen serta ringkasan hasil analisis uji coba angket kesadaran berkelanjutan dapat dilihat pada Tabel 3.15 dan 3.16.

Tabel 3.15 Kisi - Kisi Angket Kesadaran Berkelanjutan

Indikator	Dimensi	Nomor soal	Jumlah
Pengetahuan Berkelanjutan	Memiliki pengetahuan yang terkait dengan kesadaran berkelanjutan	1,2 dan 3	

	(<i>sustainability knowingness</i>) pada fenomena lingkungan.		9
	Memiliki pengetahuan yang terkait dengan kesadaran berkelanjutan (<i>sustainability knowingness</i>) pada fenomena sosial.	4, 5, dan 6	
	Memiliki pengetahuan yang terkait dengan kesadaran berkelanjutan (<i>sustainability knowingness</i>) pada fenomena ekonomi	7,8, dan 9	
Sikap Berkelanjutan	Memiliki sikap yang terkait dengan kesadaran berkelanjutan (<i>sustainability attitude</i>) pada fenomena lingkungan.	10, 11 dan 12	9
	Memiliki sikap yang terkait dengan kesadaran berkelanjutan (<i>sustainability attitude</i>) pada fenomena sosial.	13, 14, dan 15	
	Memiliki sikap yang terkait dengan kesadaran berkelanjutan (<i>sustainability attitude</i>) pada fenomena ekonomi.	16, 17, dan 18	
Perilaku Berkelanjutan	Memiliki perilaku yang terkait dengan kesadaran berkelanjutan (<i>sustainability behavior</i>) pada fenomena lingkungan.	19, 20 dan 21	9
	Memiliki perilaku yang terkait dengan kesadaran berkelanjutan (<i>sustainability behavior</i>) pada fenomena sosial.	22, 23 dan 24	
	Memiliki perilaku yang terkait dengan kesadaran berkelanjutan (<i>sustainability behavior</i>) pada fenomena ekonomi.	25, 26 dan 27	

(Gericke *et al.*, 2018)**Tabel 3.16 Hasil Analisis Uji Coba Angket Kesadaran Berkelanjutan**

No	Pernyataan	Jenis Pernyataan	Nilai Sig.	Hasil	Keterangan
1	Pernyataan 1	Positif	0,000	Valid	Digunakan
2	Pernyataan 2	Negatif	0,019	Valid	Digunakan
3	Pernyataan 3	Positif	0,000	Valid	Digunakan
4	Pernyataan 4	Positif	0,000	Valid	Digunakan
5	Pernyataan 5	Positif	0,014	Valid	Digunakan
6	Pernyataan 6	Positif	0,001	Valid	Digunakan
7	Pernyataan 7	Positif	0,000	Valid	Digunakan
8	Pernyataan 8	Positif	0,000	Valid	Digunakan

No	Pernyataan	Jenis Pernyataan	Nilai Sig.	Hasil	Keterangan
9	Pernyataan 9	Positif	0,000	Valid	Digunakan
10	Pernyataan 10	Negatif	0,428	Tidak Valid	Revisi
11	Pernyataan 11	Positif	0,000	Valid	Digunakan
12	Pernyataan 12	Negatif	0,001	Valid	Digunakan
13	Pernyataan 13	Positif	0,000	Valid	Digunakan
14	Pernyataan 14	Positif	0,310	Tidak Valid	Revisi
15	Pernyataan 15	Positif	0,000	Valid	Digunakan
16	Pernyataan 16	Positif	0,000	Valid	Digunakan
17	Pernyataan 17	Positif	0,003	Valid	Digunakan
18	Pernyataan 18	Positif	0,358	Tidak Valid	Revisi
19	Pernyataan 19	Positif	0,032	Valid	Digunakan
20	Pernyataan 20	Negatif	0,002	Valid	Digunakan
21	Pernyataan 21	Positif	0,000	Valid	Digunakan
22	Pernyataan 22	Positif	0,000	Valid	Digunakan
23	Pernyataan 23	Negatif	0,000	Valid	Digunakan
24	Pernyataan 24	Positif	0,000	Valid	Digunakan
25	Pernyataan 25	Positif	0,000	Valid	Digunakan
26	Pernyataan 26	Positif	0,043	Valid	Digunakan
27	Pernyataan 27	Positif	0,000	Valid	Digunakan

Interpretasi validitas setiap butir pernyataan ditentukan berdasarkan nilai signifikansi, di mana suatu pernyataan dinyatakan valid apabila memiliki nilai Sig. < 0.05 . Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar butir pernyataan pada angket kesadaran berkelanjutan dinyatakan valid, sedangkan beberapa butir yang belum memenuhi kriteria tersebut direvisi agar lebih sesuai dengan indikator yang diukur. Berdasarkan Tabel 3.15, terdapat tiga pernyataan yang memerlukan revisi. Proses revisi dilakukan dengan mengubah redaksi kalimat agar lebih jelas dan mudah dipahami tanpa mengubah makna dasarnya. Hasil revisi lengkap terhadap ketiga pernyataan tersebut disajikan pada Tabel 3.17.

Tabel 3.17. Revisi Pernyataan Angket Kesadaran Berkelanjutan yang Tidak Valid

No. Pernyataan	Pernyataan Awal	Pernyataan Setelah Revisi	Keterangan
10	Saya pikir menggunakan lebih banyak sumber daya alam daripada yang kita butuhkan tidak mengancam kesehatan dan	Saya pikir menggunakan terlalu banyak sumber daya alam tidak akan berdampak buruk	dipertahankan karena merepresentasikan aspek sikap keberlanjutan terkait pengelolaan

No. Pernyataan	Pernyataan Awal	Pernyataan Setelah Revisi	Keterangan
	kesejahteraan orang lain di masa depan.	bagi generasi yang akan datang.	sumber daya alam. Aspek ini dianggap penting karena menjadi salah satu fokus utama dalam e-modul bermuatan ESD.
14.	Saya pikir kita yang hidup sekarang harus memastikan bahwa orang-orang di masa depan menikmati kualitas hidup yang sama seperti yang kita lakukan saat ini.	Saya pikir kita yang hidup saat ini harus menggunakan sumber daya alam dengan bijak agar generasi mendatang juga bisa hidup dengan baik seperti kita	Pernyataan ini direvisi dan dipertahankan karena merupakan indikator sikap berkelanjutan pada aspek sosial yang menekankan tanggungjawab antara generasi. Sedangkan dua pertanyaan lainnya menekankan aspek individu dan tanggung jawab perusahaan.
18	Saya berpikir bahwa perusahaan di negara maju harus memberikan kondisi kerja yang sama bagi karyawan di negara miskin seperti yang mereka berikan di negara maju.	Saya pikir perusahaan dari negara kaya harus memberikan perlakuan kerja yang adil kepada pekerja di negara miskin, sama seperti yang mereka berikan kepada pekerja di negara mereka sendiri.	Pernyataan ini dipertahankan karena mencerminkan keadilan ekonomi global melalui tanggung jawab perusahaan negara kaya terhadap pekerja di negara miskin. Berbeda dari dua butir lainnya, pernyataan ini menekankan etika dan kesetaraan ekonomi antarnegara sebagai bagian dari keberlanjutan.

Reliabilitas instrumen ditinjau melalui nilai *Cronbach's alpha*, dengan kriteria bahwa instrumen dinyatakan reliabel apabila memiliki nilai lebih dari 0.60. Berdasarkan hasil uji reliabilitas, angket kesadaran berkelanjutan memperoleh nilai *Cronbach's alpha* sebesar 0.88 sehingga dapat disimpulkan bahwa instrumen ini reliabel dan layak digunakan dalam pengumpulan data pada skala besar. Instrumen angket kesadaran berkelanjutan disajikan pada lampiran 14.

7. Instrumen Respons Peserta didik Terhadap Pembelajaran Menggunakan E-Modul Bermuatan ESD

Instrumen ini bertujuan untuk mengetahui tingkat penerimaan, kemudahan penggunaan, serta manfaat e-modul dalam mendukung proses pembelajaran peserta didik. Pernyataan dalam angket disusun dengan menggunakan skala 1 - 4 poin dan telah disesuaikan dengan konteks pembelajaran materi Ekosistem. Instrumen angket respons peserta didik terhadap penggunaan e-modul secara rinci terdapat pada lampiran 15. Selanjutnya, kisi-kisi instrumen respons peserta didik disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 3.18 Kisi - Kisi Respons Peserta Didik Terhadap Pembelajaran Menggunakan E-Modul Bermuatan ESD

No	Aspek	Indikator	No Soal
1	Aspek penyajian materi	Materi disajikan runut, koheren, lugas, mudah dipahami dan interaktif	1
		Kebenaran konsep materi	2 dan 3
		Ilustrasi materi baik teks, gambar atau video menarik	4
		Penggunaan ilustrasi untuk memperjelas materi tidak mengandung unsur pornografi, paham ekstremisme, radikalisme, kekerasan, SARA, bias gender, dan tidak mengandung nilai penyimpangan lainnya	5
		Penyajian materi dapat merangsang saya untuk berpikir kritis, kreatif, dan inovatif	6
		Mengandung wawasan kontekstual dan relevan dengan kehidupan sehari-hari saya	7
		Penyajian materi menarik sehingga menyenangkan bagi saya dan dapat menumbuhkan rasa keingintahuan yang mendalam	8

No	Aspek	Indikator	No Soal
2	Aspek Fungsi E-Modul	E-Modul dapat mendorong saya untuk belajar secara mandiri	9
		E-Modul dapat meningkatkan motivasi belajar saya	10
		E-Modul dapat diakses kapan saja dan dimana saja	11
3	Aspek Kebahasaan	Penggunaan bahasa pada kalimat tepat, lugas, dan jelas	12
		Ilustrasi materi, baik teks maupun gambar dapat memperjelas materi/konten	13
		Bahasa yang digunakan komunikatif, informatif, edukatif, santun, etis, dan estetis	14
		Judul e-modul dan judul bagian materi/konten buku harmonis/selaras, menarik, dan tidak provokatif	15
3	Aspek Kegrafikan	Ukuran buku sesuai dengan tingkat perkembangan usia dan materi	16
		Tampilan tata letak (layout) sesuai dan memiliki kesatuan (<i>unity</i>)	17
		Pemberian warna pada unsur tata letak harmonis dan dapat memperjelas fungsi	18
		Penggunaan huruf dan ukuran huruf sudah sesuai dan dapat terbaca dengan baik	19
		Ilustrasi yang digunakan mampu memperjelas pesan yang ingin disampaikan	20
		Semua <i>Hyperlink</i> dapat diakses dengan mudah	21
		Estetika Desain E-Modul	22
4	Pengalaman Menggunakan E-Modul	Pembelajaran biologi dengan menggunakan e-modul menarik dan tidak membosankan dibandingkan dengan buku cetak	23
		Setelah mengikuti pembelajaran biologi dengan e-modul pada materi ekosistem ini, saya dapat terlatih dalam mengidentifikasi masalah, merumuskan masalah, mengemukakan solusi, dan mengevaluasi hasil.	24
		Saya tidak menyukai tugas kelompok pada pembelajaran biologi karena dengan berdiskusi dengan teman membuat saya sulit dalam memahami materi.	25

No	Aspek	Indikator	No Soal
		Informasi Isu pabrik semen membuat saya lebih peduli dengan lingkungan.	26
		Fitur-fitur dalam e-modul dapat meningkatkan motivasi belajar dan pemahaman saya terhadap materi	27
		Setelah belajar materi ekosistem, saya merasa bahwa setiap orang mempunyai kewajiban untuk menjaga kelestarian lingkungan di sekitarnya.	28
		Soal-soal latihan yang memuat konteks permasalahan isu pabrik semen dapat melatih saya untuk berpikir sistem	29
		Ketika melakukan observasi di lingkungan sekolah terkait dengan definisi ekosistem, komponen biotik, komponen abiotik, serta interaksi, dapat membantu saya untuk lebih memahami konsep tersebut	30
		Dengan mengerjakan tugas-tugas, saya merasa lebih memahami suatu konsep materi daripada guru menerangkan secara langsung.	31
		Setelah melakukan pembelajaran menggunakan e-modul tersebut, saya memahami konsep pembangunan berkelanjutan (<i>sustainable development</i>)	32

(Sobari, 2022)

3.7 Teknik Analisis Data

1. Data Kualitatif Hasil Wawancara dan Analisis Dokumen

Menurut Creswell (2017), penelitian kualitatif dilakukan untuk memahami persoalan yang bersifat kompleks melalui pendalamannya perspektif dan interpretasi dari individu yang terlibat dalam suatu konteks tertentu. Proses analisis data pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah, dimulai dari pengumpulan data melalui wawancara dan dokumen; pembuatan transkrip data; kemudian proses pemahaman mendalam, yaitu peneliti membaca secara cermat serta menginterpretasikan makna di dalam data tersebut. Selanjutnya dilakukan pengkodean awal (*open coding*), pengelompokan dan penemuan tema (*axial coding*), serta pemilihan dan peninjauan tema paling relevan (*selective coding*) yang berkaitan dengan sub materi ekosistem sebagai fokus penelitian. Analisis kemudian

diakhiri dengan tahap penyajian temuan penelitian (Paul & Arup, 2018). Tahapan analisis data kualitatif yang bersumber dari hasil wawancara partisipan dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

a. Penyusunan Transkrip Hasil Wawancara

Transkrip wawancara merupakan hasil alih bentuk percakapan lisan ke dalam bentuk tulisan secara lengkap, yang menjadi bagian esensial dalam proses penelitian kualitatif. Pembuatan transkrip bertujuan untuk mendokumentasikan secara tepat pernyataan partisipan sehingga makna, pandangan, serta informasi yang disampaikan dapat dianalisis secara akurat dan menyeluruh (Hennink & Weber, 2013). Pada penelitian ini transkrip wawancara dilakukan secara verbatim. Verbatim adalah pencatatan atau penyalinan ucapan secara persis sesuai apa yang dikatakan narasumber, tanpa ada perubahan, pengurangan, atau penambahan kata (Morse, 1999). Apabila partisipan menggunakan bahasa daerah, maka proses transkrip dilakukan ke dalam bahasa Indonesia.

b. Review Data

Tahap peninjauan data dilakukan dengan membaca kembali transkrip wawancara secara menyeluruh untuk memahami isi pembahasan serta mengidentifikasi gagasan-gagasan penting yang berkaitan dengan isu Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar.

c. Coding

Analisis yang berkualitas ditandai oleh kemampuan menghasilkan uraian yang mendalam dan tepat mengenai fenomena yang dikaji. Uraian tersebut diperoleh melalui mengubah data hasil wawancara, dokumentasi dalam bentuk teks (proses transkripsi), kemudian teks tersebut ditafsirkan dan disusun berdasarkan makna yang terkandung di dalamnya. Tahapan penyusunan ini dikenal sebagai coding (Siregar & Batubara, 2021). Koding terdiri dari tiga bagian yaitu: *open coding, axial coding* dan *selective coding*.

1) Open Koding

Open koding atau pengkodean terbuka merupakan tahap awal dalam analisis, di mana data diuraikan, ditelaah, dibandingkan, lalu dikembangkan menjadi konsep-konsep dan kategori. Tahapan ini menjadi dasar untuk menuju proses

berikutnya, yaitu *axial coding*, yang memusatkan hubungan antar kategori yang telah terbentuk.

2) *Axial coding*

Kategori yang dihasilkan pada tahap awal *open coding* kemudian disederhanakan melalui prosedur tertentu. Tahap *axial coding* dilakukan secara berkesinambungan dengan *open coding*, di mana proses ini membantu mengidentifikasi dimensi dan karakteristik kategori, menghubungkan antar kategori, serta menghilangkan informasi yang tidak didukung oleh data (Hemphill & Richards, 2018). Dalam penelitian ini, *axial coding* diterapkan untuk memperdalam pemahaman terhadap hasil wawancara mengenai isu-isu yang berkaitan dengan keberadaan Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar dan keterkaitannya dengan pengembangan e-modul bermuatan ESD. Melalui proses ini, peneliti dapat merumuskan tema-tema yang lebih terarah terkait materi ekosistem dan pembangunan berkelanjutan.

3) *Selective coding*

Setelah data dipecah dan berbagai hubungan antar kategori ditemukan, tahap selanjutnya adalah *selective coding* ini berfokus pada penentuan kategori utama yang mampu menjadi penghubung keseluruhan temuan. Tema inti tersebut kemudian menjadi landasan dalam merumuskan teori serta memberikan gambaran komprehensif mengenai fenomena isu pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar.

d. Reduksi dan Penyesuaian Tema

Tahap selanjutnya dalam analisis adalah reduksi data. Pada tahap ini, peneliti melakukan pemilihan terhadap data hasil wawancara untuk memastikan bahwa hanya informasi yang relevan dengan isu keberadaan Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar serta keterkaitannya dengan materi ekosistem yang dipertahankan. Data yang tidak mendukung fokus penelitian tidak dianalisis lebih lanjut, namun tetap disimpan sebagai bagian dari dokumentasi penelitian. Dengan demikian, proses reduksi data membantu memperjelas informasi utama yang akan digunakan untuk pengembangan e-modul bermuatan ESD, sehingga analisis yang dilakukan tetap terarah dan sesuai konteks penelitian.

e. Pemetaan Hasil *Coding*

Pemetaan hasil *coding* ditampilkan dalam bentuk bagan yang memuat tema, kategori, dan konsep yang berkaitan dengan isu keberadaan Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar dalam konteks materi ekosistem. Bagan ini kemudian disajikan pada Bab 4 sebagai bagian dari temuan penelitian, sehingga setiap isu yang muncul dari hasil wawancara dapat terlihat dengan jelas sesuai tema yang telah ditetapkan.

f. Interpretasi Data

Tahap interpretasi data merupakan proses pemberian makna terhadap temuan yang telah melalui rangkaian *coding* sebelumnya. Pada fase ini, data tidak hanya dipandang sebagai kumpulan informasi, tetapi dianalisis untuk memahami konsep dan hubungan yang muncul dari setiap tema yang berkaitan dengan isu keberadaan Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar dalam materi ekosistem serta keterkaitannya dengan pembangunan berkelanjutan.

Interpretasi data dalam penelitian ini juga mencakup penelaahan hasil analisis dokumen yang diperoleh dari pemberitaan media massa serta sumber relevan lainnya. Informasi dari dokumen tersebut berfungsi sebagai bahan pembanding dan penguat terhadap hasil wawancara, sehingga makna temuan menjadi lebih utuh dan mendalam. Prosedur ini menerapkan prinsip triangulasi sumber, yaitu memeriksa konsistensi informasi melalui berbagai teknik pengumpulan data untuk meningkatkan kredibilitas, validitas, dan akuntabilitas temuan yang dihasilkan (Creswell, J. W., 2019).

2. Data Pengembangan

a. Data Hasil Validasi E-Modul

Analisis data dari hasil validasi ahli dapat dilakukan dengan menghitung rata-rata skor. Hasil dari perhitungan rata-rata skor validasi dari empat validator yang diperoleh kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria skor validitas sebagai berikut :

Tabel 3.19. Kriteria Interpretasi Skor Validitas e-Modul

Skor Rata-rata	Kriteria	Keterangan
$3,5 \leq \bar{X} \leq 4$	Sangat Valid	Produk siap dimanfaatkan di lapangan sebagai media atau dipublikasikan

$2,5 \leq \bar{X} < 3,5$	Valid	Produk dapat dilanjutkan dengan memperbaiki sesuatu yang kurang sesuai dengan pertimbangan tertentu
$1,5 \leq \bar{X} < 2,5$	Cukup Valid	Merevisi secara seksama dan mencari kekurangan produk untuk diperbaiki dan disempurnakan
$\bar{X} < 1,5$	Tidak Valid	Merevisi secara besar-besaran dan mendasar mengenai isi produk

(Mardiyah et al., 2022)

b. Data Hasil Uji Keterbacaan E-Modul

Analisis keterbacaan e-modul melalui tes *cloze test* dilakukan dengan menghitung jumlah jawaban benar dari peserta didik pada teks rumpang yang telah disediakan. Skor yang diperoleh kemudian dikonversikan ke dalam bentuk persentase untuk menunjukkan tingkat pemahaman peserta didik terhadap isi bacaan. Persentase tersebut selanjutnya diinterpretasikan menggunakan kriteria keterbacaan menurut (Suhadi, 1994) sebagaimana disajikan pada Tabel 3.9, sehingga dapat ditentukan apakah e-modul memiliki tingkat keterbacaan yang baik, cukup, atau perlu perbaikan.

c. Data Hasil Respons Peserta didik pada Uji Coba Terbatas E-Modul

Skor respons peserta didik terhadap e-modul dianalisis dengan merata-ratakan skor tiap pernyataan dalam aspek penilaian, sebelum akhirnya dikonversikan menjadi persentase sebagai dasar interpretasi kualitas tiap aspek.

3. Data Kuantitatif

Fase kuantitatif merupakan tahap pengumpulan data numerik yang diperoleh dari e-modul bermuatan ESD serta instrumen penelitian yang telah dikembangkan. Data yang terkumpul kemudian dianalisis untuk menghasilkan temuan yang dapat disimpulkan secara objektif. Pada fase ini, pengukuran kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan dilakukan pada dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen mendapatkan perlakuan berupa penggunaan e-modul bermuatan ESD dalam proses pembelajaran, sedangkan kelompok kontrol tetap menggunakan bahan ajar berupa buku teks. Di akhir pembelajaran, kelompok eksperimen mengisi angket respons untuk menilai pengalaman dalam menggunakan e-modul tersebut.

a. Analisis Kompetensi Berpikir Sistem dan Kesadaran Berkelanjutan

Pengambilan data kuantitatif dilakukan saat e-modul diterapkan dalam proses pembelajaran. Kompetensi berpikir sistem dan tingkat kesadaran berkelanjutan peserta didik diukur melalui pelaksanaan *pretest* dan *posttest* menggunakan instrumen tes serta angket yang telah disusun pada tahap pengembangan. Hasil *pretest* dan *posttest* kompetensi berpikir sistem selanjutnya dinilai dengan menggunakan pedoman penskoran yang tersedia pada bagian lampiran 13. Setelah diperoleh skor *pretest* dan *posttest* selanjutnya dilakukan uji deskriptif, uji analis Gain, N-Gain dan uji beda rata-rata. Tahapan analisis data dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1) Analisis Statistik Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang perbedaan skor *pretest* dan *posttest* kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Analisis statistik deskriptif berupa perhitungan rata-rata, simpangan baku, skor maksimal dan skor minimum. Perhitungan uji statistik deskriptif menggunakan Microsoft Excel dan aplikasi SPSS.

2) Analisis Skor N-Gain

Perhitungan skor gain digunakan untuk mengidentifikasi peningkatan kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan pada peserta didik. Nilai gain diperoleh dengan menghitung selisih antara skor *posttest* dan *pretest* pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Untuk melihat tingkat peningkatan secara lebih terukur, dilakukan analisis N-Gain yang diklasifikasikan sesuai kriteria merujuk pada Hake (2002). Selain itu, persentase masing-masing kategori N-Gain dihitung untuk memperlihatkan perbandingan proporsi peningkatan kemampuan peserta didik pada kedua kelompok. Seluruh perhitungan gain dan N-Gain dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel.

Tabel 3.20 Kriteria N-Gain

No	Rentang N-Gain	Keterangan
1	N-gain > 0,7	Tinggi
2	$0,7 \geq N\text{-gain} \geq 0,3$	Sedang
3	N-gain < 0,3	Rendah

(Hake, 2002)

3) Analisis Statistik Inferensial

Analisis statistik inferensial yang digunakan dalam penelitian ini berupa uji perbedaan rata-rata untuk melihat apakah peningkatan kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan pada kelas eksperimen berbeda secara signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol. Sebelum melakukan uji tersebut, terlebih dahulu dilakukan uji asumsi berupa uji normalitas dan homogenitas sebagai prasyarat analisis. Hasil dari uji prasyarat tersebut menentukan jenis uji lanjutan yang digunakan, apakah uji parametrik (*independent t-test*) atau uji non-parametrik (*Mann–Whitney U*).

a) Uji Normalitas

Uji normalitas yang digunakan pada penelitian menggunakan uji *Shapiro Wilk* karena jumlah sampel pada penelitian ini berjumlah < 50 responden tiap kelas kontrol dan eksperimen, dengan taraf signifikansi 5% (0.05). Data dinyatakan memenuhi normalitas jika nilai signifikansi > 0.05 .

b) Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk melihat apakah data pada dua kelompok mempunyai variansi yang homogen atau bervariasi. Uji homogenitas pada penelitian ini menggunakan *Levene*. Keputusan pengambilan keputusan pada uji homogenitas, jika nilai signifikansi lebih besar dari 0.05 maka data dikaitkan homogen, namun jika nilai signifikansi lebih kecil dari 0.05 maka data tersebut tidak homogen.

c) Uji Beda Rata - Rata

Uji beda rata-rata digunakan untuk mengetahui apakah peningkatan skor *pretest* ke *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam hal kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan. Pada penelitian ini, analisis dilakukan terhadap skor gain menggunakan *Independent t-test* atau *Mann–Whitney U test*, sesuai dengan hasil uji prasyarat. Kriteria pengambilan keputusan mengacu pada nilai signifikansi, di mana jika *p-value* $< 0,05$ maka disimpulkan bahwa terdapat perbedaan peningkatan kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan antara kedua kelas.

b. Analisis Angket Respons Peserta Didik

Analisis terhadap jawaban hasil angket respons peserta didik dilakukan dengan menginterpretasi persentase dari skala *likert*. Data yang dikumpulkan angket akan diolah dan dianalisis secara deskriptif berdasarkan persentase yang didapatkan. Setelah skor dihitung, selanjutnya hasil diinterpretasikan berdasarkan skala persentase 0-100. Kriteria hasil angket dapat dilihat pada tabel .

Tabel 3. 21 Interpretasi Kriteria Angket Respons Peserta Didik

Persentase	Kategori
86-100	Sangat baik
75-85	Baik
60-74	Cukup
55-59	Kurang
≤ 54	Kurang Sekali

(Purwanto, 2008)