

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode dan Desain Penelitian

Bagian ini berisi penjelasan mengenai metode dan desain penelitian serta jenis penelitian yang digunakan dalam meneliti pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD *Life on land*.

3.1.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *pre-experiment*, di mana terdapat satu kelompok yang diberi perlakuan yaitu kelompok eksperimen tanpa adanya kelompok kontrol. Perlakuan yang dimaksud adalah pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD SDG *Life on land* pada materi pencemaran lingkungan. Metode ini digunakan untuk melihat peningkatan aksi siswa dan ketercapaian keterampilan rekayasa siswa setelah diberi pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD *Life on land*. Proses pembelajaran melalui pengerjaan proyek, pengembangan produk teknologi yang sudah ada, dan pengisian kuesioner aksi yang diberikan kepada siswa. Sedangkan pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan analisis data dilakukan secara deskriptif.

3.1.2 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain *One Group Pre-test Post-test Design* untuk pengambilan data pada variabel aksi. Sebelum dilakukan perlakuan, siswa mengisi *pre-test* terlebih dahulu sebagai pengambilan data awal, lalu setelah dilakukan perlakuan, diberikan *post-test* kembali sebagai pengambilan data akhir. Desain penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.1. Sementara itu, variabel keterampilan rekayasa siswa tidak diukur menggunakan *pre-test* dan *post-test*, melainkan melalui penilaian kinerja (*performance assessment*) selama dan setelah proses pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD SDG *Life on land* berlangsung. Penilaian yang dilakukan mencakup analisis Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), observasi yang dilakukan guru, dan rubrik penilaian produk hasil rekayasa.

Tabel 3. 1 Desain Penelitian *One Group Pre-test Post-test Design*

Kelas	<i>Pre-test</i>	Perlakuan	<i>Post-test</i>
Eksperimen	O1	X	O2

Keterangan:

O1 = Pengambilan data awal aksi siswa sebelum pembelajaran (*pre-test*)

X = Pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD *Life on land*

O2 = Pengambilan data akhir aksi siswa sebelum pembelajaran (*post-test*)

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah siswa-siswi kelas X di salah satu SMA di Jawa Barat yaitu SMAN 12 Bandung. Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling* karena pengambilan sampel mempertimbangkan siswa dengan karakteristik tertentu. Karakteristik sampel yang dipilih adalah siswa kelas X SMA yang belum mendapatkan pembelajaran tentang topik pencemaran lingkungan pada bab perubahan lingkungan. Total sampel penelitian adalah 72 orang siswa.

Pemilihan sekolah didasarkan pada pertimbangan kontekstualitas dengan tema pembelajaran. Sekolah yang dipilih berada di wilayah yang berdekatan dengan area persawahan atau perkebunan yang masih aktif menggunakan pestisida sebagai metode pengendalian hama, sehingga relevan dengan pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD SDG *Life on land*. Berdasarkan hasil observasi, SMAN 12 Bandung merupakan sekolah yang berada dekat dengan permasalahan kehidupan darat yang nyata dan relevan, sehingga sesuai untuk diterapkan pembelajaran kontekstual tersebut.

3.3 Definisi Operasional

1. Pembelajaran Proyek STEM-ESD SGD *Life on land*

Proyek pembelajaran *Life on land* adalah kegiatan merancang, mendesain, dan membuat *prototype* alat menggunakan prinsip *reverse engineering* pada *light trap* untuk mendukung pencegahan degradasi tanah dan berkurangnya keanekaragaman hayati oleh pestisida. Pelaksanaan proyek pembelajaran ini mengintegrasikan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) di dalamnya, serta melibatkan aspek keberlanjutan sosial-budaya, ekonomi, dan

lingkungan sesuai dengan tujuan *Education Sustainable Development* (ESD) dan *Sustainable Development Goals* (SDGs). Tahapan pembelajaran proyek ini mengikuti Widodo (2021). yaitu Pikir, Buat, Desain, dan Uji (PBDU). Keterlaksanaan pembelajaran proyek *Life on land* pada materi pencemaran lingkungan dilihat berdasarkan LKPD yang dikerjakan oleh siswa.

2. Keterampilan Rekayasa

Dalam penelitian ini, keterampilan rekayasa adalah kemampuan siswa dalam menerapkan tahapan rekayasa *reverse engineering* (*disassembly, design, creat, test*) untuk merancang *prototype* alat pengembangan dari *light trap* komersial guna mendukung kelestarian ekosistem daratan. Keterampilan ini dinilai menggunakan rubrik penilaian LKPD dan rubrik penilaian *prototype* yang diadaptasi dari matriks dalam jurnal penelitian Jin (2015) dengan skala penilaian 1-4. Terdapat 7 indikator yang diukur, yaitu (1) kemampuan memahami masalah, (2) mendefinisikan masalah, (3) membuat ide/gagasan, (4) mempertimbangkan pilihan solusi optimal, (5) meningkatkan solusi, (6) presentasi dan pelaporan, dan (7) desain manajemen proses. Ketujuh indikator tersebut menggambarkan 4 fase keterampilan rekayasa, yaitu fase masalah, fase solusi, dan fase implementasi, dan fase manajemen proses desain.

3. Aksi Siswa

Aksi siswa adalah tindakan siswa dalam melakukan aksi berkelanjutan untuk tercapainya SDG 15: *Life on land*. Aksi siswa diukur menggunakan kuesioner yang terdiri pertanyaan non-tes, yang dikembangkan dan diadaptasi dari penelitian Hadjichambis & Paraskeva-Hadjichambi (2020), dengan skala Likert-4-poin. Indikator aksi yang diukur adalah tindakan masa lalu, masa sekarang, masa depan, dan capaian kompetensi yang disesuaikan dengan ESD *learning goals* yang ditetapkan (UNESCO, 2017).

3.4 Instrumen Penelitian

3.4.1 Instrumen Keterampilan Rekayasa

Keterampilan rekayasa dalam penelitian ini diukur menggunakan rubrik penilaian berskala 1-4 berdasarkan *Engineering Design Process* (EDP) yang diadaptasi dan dikembangkan oleh (Jin, 2015). Terdapat 7 indikator yang diukur,

yaitu (1) kemampuan mengenali masalah, (2) mendefinisikan masalah, (3) membuat ide/gagasan, (4) mempertimbangkan pilihan solusi optimal, (5) meningkatkan solusi, (6) presentasi dan pelaporan, dan (7) desain manajemen proses; yang diuraikan menjadi 21 tugas kinerja yang dinilai. Tujuh komponen tersebut diintegrasikan ke dalam tahapan pembelajaran proyek STEM meliputi Pikir, Desain, Buat, dan Uji (PBDU). Ketujuh indikator tersebut dijabarkan sebagaimana yang tercantum pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 2 Kisi-Kisi Instrumen Keterampilan Rekayasa Siswa dalam Pembelajaran Proyek STEM untuk Mengatasi Masalah *Life on land*

No.	Fase Keterampilan Rekayasa	Kriteria Kinerja (Indikator)	Deskripsi Kriteria Kinerja	
1.	Masalah	Pengenalan masalah	Siswa dapat mengidentifikasi masalah hilangnya keanekaragaman hayati dan pencemaran tanah sebagai isu lokal yang diakibatkan oleh penggunaan pestisida secara terbuka, menantang, dan berdampak	
		Definisi masalah	Siswa dapat mendefinisikan masalah desain <i>light trap</i> yang komersial atau sudah ada sebelumnya, termasuk persyaratan (seperti intensitas cahaya, panjang gelombang cahaya, jenis perangkat serangga, efisiensi energi) dan kendala desain rekayasa	
2.	Solusi	Pembuatan ide	Siswa dapat merumuskan berbagai alternatif solusi terkait permasalahan desain <i>light trap</i> komersial dengan menerapkan metode pengembangan ide kreatif bersama anggota tim	
			Detail Rancangan Alat	Indikator
			Ukuran: Menentukan ukuran alat dan kilauan cahaya untuk membuat perangkat yang efektif untuk luas lahan pertanian atau perkebunan tertentu	Ukuran alat dan kilauan cahaya yang diusulkan relevan untuk menangkap serangga hama pada luas lahan tertentu
			Warna: Mempertimbangkan perilaku serangga yang peka terhadap warna atau panjang gelombang tertentu yang memungkinkan produktivitas <i>light trap</i>	Warna atau panjang gelombang cahaya dan alat mampu menarik perhatian serangga hama.
		Bentuk: Mengusulkan	Ide bentuk alat	

No.	Fase Keterampilan Rekayasa	Kriteria Kinerja (Indikator)	Deskripsi Kriteria Kinerja	
			<p>bentuk alat yang memungkinkan efisiensi penangkapan serangga dan modular agar mudah dibersihkan.</p>	<p>ergonomis dan inovatif yang memaksimalkan penangkapan serangga hama.</p>
			<p>Bahan: Mempertimbangkan bahan yang tahan korosi, ramah lingkungan, dan terjangkau.</p>	<p>Bahan mencakup alternatif yang kuat, tahan air, ramah lingkungan, dan terjangkau.</p>
			<p>Cara Kerja: Memastikan alat berfungsi dengan efektif dalam menangkap hama semalaman</p>	<p>Alat bekerja tanpa mati (lampu) selama penangkapan hama di malam hari dan hama dapat dikumpulkan tanpa membawa organisme non-target.</p>
			<p>Desain: Menggambar 2D rancangan produk dengan menghitung pengecilan skala dengan tepat antara gambar dengan <i>prototype</i>.</p>	<p>Alat didesain dengan memperhitungkan skala pengecilan yang tepat.</p>
			<p>RAB: Merencanakan dan menghitung pengeluaran anggaran untuk membuat <i>light trap</i> sehingga mempertimbangkan aspek ekonomi terhadap solusi yang diajukan.</p>	<p>Anggaran dirancang untuk memaksimalkan fungsi alat dan sebanding dengan manfaat dan hasil yang diharapkan</p>
		<p>Pemilihan solusi optimal</p>	<p>Siswa dapat menentukan solusi terbaik dari berbagai alternatif solusi yang mungkin mempertimbangkan aspek orisinalitas dan kelayakan penerapannya</p>	
3.	Implementasi	Peningkatan solusi	<p>Siswa dapat menguraikan solusi <i>prototype</i> optimal yang dipilih</p>	
			<p>Detail Rancangan Alat</p>	<p>Indikator</p>
			<p>Keuntungan Ekonomi: Menganalisis dan membandingkan efisiensi biaya pembuatan dan operasional <i>light trap</i> dengan metode pengendalian hama lainnya untuk memastikan solusi</p>	<p>Penggunaan bahan dan sumber daya dirancang seminimal mungkin tanpa mengurangi efektivitas dan diperhitungkan agar menghasilkan solusi yang lebih hemat</p>

No.	Fase Keterampilan Rekayasa	Kriteria Kinerja (Indikator)	Deskripsi Kriteria Kinerja	
			yang lebih hemat dan berkelanjutan.	dibandingkan metode pengendalian hama lainnya.
			Kontribusi Teknologi: Menganalisis dampak <i>light trap</i> dibuat terhadap lingkungan dibandingkan dengan metode pengendalian hama lainnya.	Teknologi yang dibuat dapat menunjukkan kontribusi positif bagi lingkungan sehingga dapat beralih dari praktik pengendalian hama yang tidak berkelanjutan.
4.	Manajemen Proses	Presentasi dan Pelaporan	Siswa dapat menyajikan proses rekayasa serta hasilnya secara efektif melalui komunikasi tertulis maupun lisan.	
		Desain Manajemen proses	Siswa dapat menyelesaikan kegiatan desain tepat waktu dengan mengelola tahapan proses desain melalui kerja sama dalam tim.	

3.4.2 Instrumen Aksi Siswa

Instrumen aksi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kuesioner non-tes yang diadaptasi dan dikembangkan dari penelitian (Hadjichambis & Paraskeva-Hadjichambi, 2020), dengan skala Likert-4 poin. Pertanyaan dalam kuesioner tersebut disesuaikan dengan ESD *Learning Goals* yang dielaborasi ke dalam tiga domain *learning objectives*, meliputi *cognitive*, *socio-emotional*, dan *behavioural* (UNESCO, 2017). Selanjutnya, aspek pada *learning objectives* dianalisis dan dikelompokkan menjadi tiga topik yaitu keanekaragaman hayati dan konservasi, ekosistem dan tanah, dan alam. Instrumen aksi ini terdiri dari empat indikator, yaitu (a) tindakan masa lalu, (b) tindakan masa sekarang, (c) tindakan masa depan, dan (d) capaian kompetensi. Adapun indikator penilaian tersebut dipaparkan dalam kisi-kisi pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Kisi-Kisi Instrumen Aksi Siswa SDG *Life on land*

No.	Indikator Aksi	Deskripsi	Sub Topik SDG <i>Life on land</i>	ESD Learning Goals	Nomor Pernyataan	Jumlah
1	Tindakan masa lalu, masa	Tindakan siswa pada setiap masa	Keanekaragaman Hayati	<i>Cognitive</i>	1, 2, 3,	25
				<i>Socio-emotional</i>	4, 5, 6,	

No.	Indikator Aksi	Deskripsi	Sub Topik SDG <i>Life on land</i>	ESD Learning Goals	Nomor Pernyataan	Jumlah
	sekarang, dan masa depan	(masa lalu, masa sekarang, dan masa yang akan datang) terkait rencana aksi dan aksi siswa terkait permasalahan <i>Life on land</i> .	Ekosistem dan Tanah	<i>Behavioral</i>	7, 8	
				<i>Cognitive</i>	9, 10, 11, 12	
				<i>Socio-emotional</i>	13, 14	
			Alam	<i>Behavioral</i>	15, 16, 17	
				<i>Cognitive</i>	18, 19	
				<i>Socio-emotional</i>	20, 21, 22, 23	
2	Capaian Kompetensi	Kemampuan dalam pendalaman terkait dengan perumusan dan pembuatan solusi mengenai permasalahan <i>Life on land</i>	Keanekaragaman Hayati	<i>Cognitive</i>	1, 2	23
				<i>Socio-emotional</i>	3, 4, 5	
				<i>Behavioral</i>	6, 7	
			Ekosistem dan Tanah	<i>Cognitive</i>	8, 9, 10, 11	
				<i>Socio-emotional</i>	12, 13, 14	
				<i>Behavioral</i>	15, 16	
			Alam	<i>Cognitive</i>	17, 18, 19	
				<i>Socio-emotional</i>	20, 21	
				<i>Behavioral</i>	22, 23	

Butir kuesioner instrumen aksi dibuat langsung oleh peneliti. Sebelum diuji, dilakukan penilaian validasi isi oleh dua orang dosen pembimbing, pemeriksaan terhadap pernyataan instrumen, revisi, serta diberi masukan. Selanjutnya, dilakukan dua kali pengujian validitas dan reliabilitas terhadap instrumen aksi. Pengujian pertama diberikan kepada 68 siswa kelas XI di SMAN 1 Baleendah. Berikut adalah hasil dari pengujian pertama untuk validitas dan reliabilitas 48 butir soal instrumen aksi SDG *Life on land*. yang disajikan pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 dan uji statistik secara lengkap tercantum pada Lampiran A.1.

Tabel 3. 4 Hasil Pengujian Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Aksi Tindakan per Masa SDG *Life on land* (N=68)

Butir Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
1	Positif	0.445** Valid	0.391** Valid	0.421** Valid	Digunakan
2	Positif	0.566** Valid	0.600** Valid	0.582** Valid	Digunakan
3	Positif	0.592**	0.615**	0.568**	Digunakan

Butir Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
		Valid	Valid	Valid	
4	Positif	0.549** Valid	0.609** Valid	0.519** Valid	Digunakan
5	Negatif	0.246* Valid	0.122 Tidak Valid	0.313** Valid	Revisi
6	Positif	0.300* Valid	0.445** Valid	0.449** Valid	Digunakan
7	Positif	0.642** Valid	0.375** Valid	0.478** Valid	Digunakan
8	Negatif	-0.119 Tidak Valid	0.053 Tidak Valid	0.300* Valid	Revisi
9	Negatif	-0.140 Tidak Valid	-.288* Tidak Valid	0.113 Tidak Valid	Revisi
10	Positif	0.599** Valid	0.584** Valid	0.595** Valid	Digunakan
11	Positif	0.695** Valid	0.648** Valid	0.745** Valid	Digunakan
12	Positif	0.598** Valid	0.540** Valid	0.562** Valid	Digunakan
13	Positif	0.585** Valid	0.631** Valid	0.487** Valid	Digunakan
14	Negatif	-0.217 Tidak Valid	-0.143 Tidak Valid	0.091 Tidak Valid	Revisi
15	Positif	0.588** Valid	0.595** Valid	.620** Valid	Digunakan
16	Negatif	-0.045 Tidak Valid	-0.003 Tidak Valid	0.193 Tidak Valid	Revisi
17	Positif	0.575** Valid	0.667** Valid	0.590** Valid	Digunakan
18	Positif	0.643** Valid	0.606** Valid	0.572** Valid	Digunakan
19	Positif	0.622** Valid	0.686** Valid	0.688** Valid	Digunakan
20	Negatif	0.043 Tidak Valid	0.258* Valid	0.137 Tidak Valid	Revisi
21	Positif	0.482** Valid	0.556** Valid	0.476** Valid	Digunakan
22	Positif	0.575** Valid	0.502** Valid	0.507** Valid	Digunakan
23	Positif	0.532** Valid	0.521** Valid	0.306* Valid	Digunakan
24	Positif	0.506** Valid	0.543** Valid	0.427** Valid	Digunakan
25	Positif	0.507** Valid	0.659** Valid	0.481** Valid	Digunakan
Reliabilitas		0.693	0.752	0.723	Reliabel

Tabel 3. 5 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Aksi Capaian
Kompetensi *SDG Life on land* (N=68)

Butir Soal	Jenis Pernyataan	Validitas		Reliabilitas		Keterangan
		R Hitung	Interpretasi	Alfa Cronbach	Interpretasi	
1	Positif	0.412**	Valid	0.728	Reliabel	Digunakan
2	Positif	0.420**	Valid			Digunakan
3	Positif	0.468**	Valid			Digunakan
4	Positif	0.314**	Valid			Digunakan
5	Negatif	-0.044	Tidak Valid			Revisi
6	Positif	0.073	Tidak Valid			Revisi
7	Negatif	-0.067	Tidak Valid			Revisi
8	Positif	0.589**	Valid			Digunakan
9	Negatif	0.332**	Valid			Digunakan
10	Positif	0.650**	Valid			Digunakan
11	Positif	0.636**	Valid			Digunakan
12	Positif	0.643**	Valid			Digunakan
13	Positif	0.307*	Valid			Digunakan
14	Negatif	0.299*	Valid			Digunakan
15	Positif	0.669**	Valid			Digunakan
16	Positif	0.420**	Valid			Digunakan
17	Positif	0.523**	Valid			Digunakan
18	Positif	0.616**	Valid			Digunakan
19	Positif	0.409**	Valid			Digunakan
20	Positif	0.502**	Valid			Digunakan
21	Positif	0.403**	Valid			Digunakan
22	Negatif	0.213	Tidak Valid			Revisi
23	Positif	0.344**	Valid			Digunakan

Setelah dilakukan uji coba, didapatkan hasil dari pengujian validitas dan reliabilitas pertama. Terdapat 6 butir pernyataan pada indikator tindakan permasa yang tidak valid dan pada indikator capaian kompetensi terdapat 4 butir pernyataan yang tidak valid sehingga perlu direvisi dan diuji coba ulang karena pertimbangan dan masukan dari dosen pembimbing. Langkah selanjutnya dilakukan revisi instrumen aksi pada pernyataan yang harus dilakukan uji coba kedua kalinya. Sebanyak 10 pernyataan diuji coba ulang kepada 20 orang siswa kelas XI. Hasil pengujian kedua uji validitas dan reliabilitas butir soal instrumen aksi *SDG Life on land* disajikan pada Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 Kemudian uji statistik secara lengkap tercantum pada Lampiran A.1.

Tabel 3. 6 Hasil Uji Pengujian Ulang Uji Validitas Instrumen Aksi Tindakan per
Masa *SDGs Life on land* (N=20)

Butir Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
5	Negatif	0.800** Valid	0.627** Valid	0.466* Valid	Digunakan
8	Negatif	0.681** Valid	0.614** Valid	0.823** Valid	Digunakan
9	Negatif	0,386 Tidak Valid	0,911** Valid	0,307 Tidak Valid	Revisi dan Digunakan
14	Negatif	0.577** Valid	0.526* Valid	0.916** Valid	Digunakan
16	Negatif	0.668** Valid	0.738** Valid	0.738** Valid	Digunakan
20	Negatif	0.781** Valid	0.791** Valid	0.717** Valid	Digunakan

Tabel 3. 7 Hasil Uji Pengujian Ulang Uji Validitas Instrumen Capaian Kompetensi SDGs *Life on land* (N=20)

Butir Soal	Jenis Pernyataan	Validitas	Keterangan
5	Negatif	0.661** Valid	Digunakan
6	Negatif	0.661** Valid	Digunakan
7	Negatif	0.907** Valid	Digunakan
22	Negatif	0.906** Valid	Digunakan

Berdasarkan hasil uji coba kedua terdapat satu pernyataan yang tidak valid yaitu nomor 9 pada indikator masa. Namun, setelah berdiskusi dengan dosen pembimbing pernyataan tersebut tetap digunakan untuk menyesuaikan jumlah butir soal dengan pertimbangan dilakukan revisi bersama dosen pembimbing. Dengan demikian, setelah dilakukan uji coba kedua, hasil akhir untuk jumlah butir pernyataan aksi yang digunakan adalah 48 butir, dengan 25 butir untuk indikator tindakan per masa dan 23 butir untuk capaian kompetensi. Hasil akhir rekapitulasi disajikan pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Kisi-Kisi Instrumen Aksi Siswa SDG *Life on land*

No.	Indikator Aksi	Deskripsi	Sub Topik SDG <i>Life on land</i>	ESD Learning Goals	Nomor Pernyataan	Jumlah
1				<i>Cognitive</i>	1, 2, 3,	25

No.	Indikator Aksi	Deskripsi	Sub Topik SDG <i>Life on land</i>	ESD Learning Goals	Nomor Pernyataan	Jumlah
	Tindakan masa lalu, masa sekarang, dan masa depan	Tindakan siswa pada setiap masa (masa lalu, masa sekarang, dan masa yang akan datang) terkait rencana aksi dan aksi siswa terkait permasalahan <i>Life on land</i> .	Keanekaragaman Hayati	<i>Socio-emotional</i>	4, 5, 6,	
				<i>Behavioral</i>	7, 8	
			Ekosistem dan Tanah	<i>Cognitive</i>	9, 10, 11, 12	
				<i>Socio-emotional</i>	13, 14	
				<i>Behavioral</i>	15, 16, 17	
			Alam	<i>Cognitive</i>	18, 19	
				<i>Socio-emotional</i>	20, 21, 22, 23	
				<i>Behavioral</i>	24, 25	
			2	Capaian Kompetensi	Kemampuan dalam pendalaman terkait dengan perumusan dan pembuatan solusi mengenai permasalahan <i>Life on land</i>	
<i>Socio-emotional</i>	3, 4, 5					
<i>Behavioral</i>	6, 7					
Ekosistem dan Tanah	<i>Cognitive</i>	8, 9, 10, 11				
	<i>Socio-emotional</i>	12, 13, 14				
	<i>Behavioral</i>	15, 16				
Alam	<i>Cognitive</i>	17, 18, 19				
	<i>Socio-emotional</i>	20, 21				
	<i>Behavioral</i>	22, 23				

Contoh butir pernyataan instrumen aksi yang digunakan terdapat pada Tabel 3.9 Secara rinci seluruh butir pernyataan aksi dapat ditinjau pada Lampiran A.2.

Tabel 3. 9 Contoh Butir Pernyataan Instrumen Aksi SDG *Life on land*

Indikator	Topik ESD-Learning Goals <i>Life on land</i>	Contoh Butir Pernyataan
Tindakan masa lalu, masa sekarang, dan masa depan	Keanekaragaman hayati	Saya menegur teman yang mengganggu dan menangkap hewan liar di sekitar sekolah
	Ekosistem dan tanah	Saya menemukan cara untuk mencegah tanah agar tidak tercemar
	Alam	Saya menanam tanaman tanpa menggunakan bahan kimia berbahaya
Capaian kompetensi	Keanekaragaman hayati	Saya menemukan permasalahan ekosistem darat yang terjadi di lingkungan sekitar lalu mencari solusinya.
	Ekosistem dan tanah	Saya mengingatkan teman untuk menggunakan alat dan bahan yang ramah

Indikator	Topik ESD-Learning Goals Life on land	Contoh Butir Pernyataan
		lingkungan
	Alam	Saya prihatin ketika melihat hewan yang tidak bersalah mati tanpa alasan yang jelas.

3.4.3 Instrumen Tambahan

Pada penelitian ini, digunakan alat pengumpulan data lainnya sebagai instrumen tambahan, yaitu instrumen wawancara. Instrumen ini digunakan untuk menambah data kualitatif untuk membantu penjelasan hasil penelitian. Adapun rincian wawancara dilakukan kepada siswa di setiap selesai pembelajaran dan di akhir penelitian. Berikut adalah kisi-kisi pertanyaan wawancara yang diajukan kepada siswa yang ditunjukkan pada Tabel 3.10.

Tabel 3. 10 Kisi-Kisi Pertanyaan Wawancara

No.	Indikator	Definisi Indikator	Nomor Soal	Jumlah
1	Proses Pembelajaran	Tanggapan siswa terhadap proses pembelajaran yang telah dilakukan	1, 2, 3, 4, 5	5
2	Aksi Siswa	Tanggapan siswa terhadap aksi	6, 7, 8	3
3	Keterampilan Rekayasa Siswa	Tanggapan siswa dalam merekayasa produk	9, 10, 11	3
Jumlah Butir				11

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan ke dalam 3 tahapan, yaitu tahap persiapan penelitian, tahap pelaksanaan, dan tahap pasca pelaksanaan. Adapun ketiga tahapan tersebut dirincikan sebagai berikut.

3.5.1 Persiapan Penelitian

Tahap persiapan penelitian dimulai dengan studi pendahuluan berupa bacaan literatur tentang keterampilan rekayasa, aksi siswa, pembelajaran STEM-ESD, dan konsep SDG 15 terkait *Life on land*. Selanjutnya membuat gambaran penelitian dengan merumuskan masalah yang akan diteliti serta metode penelitian yang akan dilaksanakan. Tahap berikutnya adalah penyusunan instrumen keterampilan rekayasa berupa rubrik penilaian keterampilan rekayasa, lembar observasi, dan rubrik penilaian *prototype* alat. Selain itu, disiapkan juga instrumen

dan aksi siswa berupa pernyataan kuesioner yang ditindaklanjuti oleh proses pengembangan dan *judgement* oleh dosen ahli. Sebelum digunakan, instrumen aksi siswa diuji coba menggunakan uji validitas dan reliabilitas yang kemudian diolah dan dilakukan revisi.

Setelah instrumen selesai, peneliti melakukan analisis materi dan kurikulum untuk mencari kesesuaian antara topik materi dengan pembelajaran proyek SDG 15. Setelah sesuai, dilanjutkan dengan penyusunan perangkat pembelajaran meliputi modul ajar, rubrik penilaian, dan kuesioner. Perangkat pembelajaran yang digunakan lalu diperiksa oleh dosen pembimbing dan mengalami beberapa kali revisi serta masukan. Modul ajar, LKPD, dan rubrik penilaian dirincikan lebih lengkap pada Lampiran B.1, Lampiran B.2, dan Lampiran A.3.

Persiapan selanjutnya adalah melakukan observasi dan pemilihan sekolah tempat penelitian. Setelah mendapatkan sekolah yang sesuai dengan kriteria, peneliti mengunjungi sekolah dan menemui pihak sekolah untuk melakukan perizinan penelitian secara resmi dan menemui guru biologi untuk berdiskusi terkait topik penelitian, materi biologi, jangka waktu penelitian, dan sampel yang digunakan. Setelah seluruh proses persiapan selesai dan siap, langkah selanjutnya masuk ke tahap pelaksanaan.

3.5.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan pada penelitian ini meliputi pengambilan data *pre-test* dan *post-test*. pengumpulan data dan penelitian dilaksanakan selama lima minggu berturut-turut dengan total lima pertemuan dari 15 April s.d. 20 April 2025. Penelitian diawali dengan pengambilan nilai *pre-test* aksi sebelum dilakukan pembelajaran dalam kelas. Siswa mengisi kuesioner aksi pada lembar kertas yang telah dibagikan. Selanjutnya dilakukan pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD SDG *Life on land* sebagai perlakuan. Pembelajaran ini mengikuti langkah-langkah pembelajaran STEM dan *reverse engineering* (Widodo, 2021). Materi yang diajarkan adalah pencemaran lingkungan pada bab perubahan lingkungan di fase E kurikulum Merdeka. Setelah pembelajaran selesai, dilakukan pengambilan data akhir berupa *post-test* aksi siswa. berikut merupakan rincian tahap pelaksanaan dan pengumpulan data selama lima pertemuan yang ditunjukkan pada Tabel 3.11 Tahap

pelaksanaan yang lebih lengkap dan rinci dapat dilihat pada modul ajar di Lampiran B.1.

Tabel 3. 11 Deskripsi Pelaksanaan Kegiatan Pembelajaran Proyek Berbasis STEM-ESD SDG *Life on land*

Pertemuan	Kelas Eksperimen	
	Kegiatan	Tahapan
Sebelum Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pemberian <i>pre-test</i> aksi siswa • Pembagian kelompok 	
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siswa diberi motivasi dan pengetahuan awal untuk memusatkan perhatian pada permasalahan hilangnya keanekaragaman organisme tanah dan pencemaran tanah serta menyadarkan tentang pentingnya aksi mengatasi permasalahan tanah, keanekaragaman hayati, dan ekosistem di masa depan. 2. Siswa mengidentifikasi permasalahan dengan membaca artikel yang tersedia dalam LKPD dan menjawab pertanyaan dari hasil bacaan artikel. 3. Siswa diberi arahan untuk mengobservasi ke kebun, sawah, halaman rumah atau sekolah, mewawancarai petani terkait hama pertanian, cara menanggulangnya, dan dampak apa yang ditimbulkan bagi keanekaragaman hayati dan ekosistem. 4. Siswa mendapat bimbingan dari guru terkait permasalahan tersebut dan menghubungkan dengan dampak pada ekonomi, sosial, dan lingkungan. 5. Siswa diarahkan untuk menyajikan data hasil observasi dan kesimpulan 6. Siswa diarahkan oleh guru untuk menarik kesimpulan, refleksi, dan evaluasi pembelajaran. 	Tahap STEM: Perumusan Masalah
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru menarik perhatian siswa dengan membawa alat teknologi "<i>light trap</i>" dan organisme yang tertangkap oleh alat tersebut. 1. Siswa diarahkan untuk mengisi bagian "Pikir" dalam LKPD. 2. Siswa mengobservasi secara keseluruhan alat yang dibawa guru 3. Siswa mencari tahu fungsi, mekanisme, kekurangan dan solusi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas <i>light trap</i> yang dibawa guru. 4. Siswa menemukan ide untuk beberapa kemungkinan solusi terhadap masalah alat 	Tahap STEM: Pikir Tahap <i>Reverse Engineering</i> : <i>Disassembly</i>

Chairani Azahra, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD LIFE ON LAND PADA MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pertemuan	Kelas Eksperimen	
	Kegiatan	Tahapan
	<p>dengan menggunakan metode kreatif yang dilakukan secara individu tentang bagaimana <i>light trap</i> dapat menangkap hama lebih efektif.</p> <ol style="list-style-type: none"> Siswa diberikan gambaran oleh guru jika alat tersebut tetap digunakan tanpa adanya pengembangan. Siswa secara berkelompok menggabungkan ide-ide mereka dan memilih salah satu ide yang diyakini mampu mengembangkan <i>light trap</i> dalam menangkap hama lebih efektif 	
	<ol style="list-style-type: none"> Siswa diarahkan untuk mengisi bagian “Desain” di dalam LKPD Siswa membuat rancangan gambar desain teknologi yang akan dibuat, alat bahan yang akan digunakan, langkah kerja, dan estimasi biaya proyek. Siswa diingatkan oleh guru untuk memilih bahan dan alat yang ramah lingkungan, misalnya memanfaatkan barang bekas atau yang tidak menimbulkan efek samping bagi lingkungan. 	<p>Tahap STEM: Desain Tahap <i>Reverse Engineering</i>: Desain</p>
Di luar JP	Siswa diminta memikirkan solusi yang paling optimal dan menyelesaikan rancangan desain teknologi yang akan dibuat untuk diberi masukan di pertemuan selanjutnya sebelum ide pengembangan teknologinya direalisasikan.	
3	<ol style="list-style-type: none"> Siswa diingatkan agar ide-ide dari produk teknologi mempertimbangkan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Guru mengecek rancangan dan desain yang telah dibuat siswa. Siswa diberi masukan atas ide dan rancangan desain produk teknologi yang akan dibuat sebelum direalisasikan. Siswa diminta untuk membawa alat dan bahan sesuai dengan yang mereka rencanakan untuk membuat produk teknologi pada pertemuan selanjutnya. 	<p>Tahap STEM: Desain Tahap <i>Reverse Engineering</i>: Desain</p>
4	<ol style="list-style-type: none"> Siswa diarahkan untuk mempersiapkan alat dan bahan untuk membuat produk teknologi pengembangan dari alat sebelumnya Siswa diminta mengisi bagian “Buat” dalam LKPD Siswa dibimbing oleh guru untuk membuat produk teknologi. Produk teknologi yang dibuat siswa dicek oleh guru 	<p>Tahap STEM: Buat Tahap <i>Reverse Engineering</i>: Creat</p>

Pertemuan	Kelas Eksperimen	
	Kegiatan	Tahapan
	<ol style="list-style-type: none"> 5. Siswa diminta untuk melakukan uji coba dan harus didokumentasikan dalam bentuk foto dan video 6. Pada pertemuan selanjutnya, siswa diminta untuk mempresentasikan kelebihan dan kekurangan serta kendala produk teknologi yang telah mereka buat 	
Di luar JP	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siswa yang belum selesai membuat produk, melanjutkan di luar jam pelajaran 2. Siswa yang sudah selesai membuat melakukan pengujian produk teknologi serta mengisi <i>logbook</i> kegiatan uji 3. Siswa mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari teknologi yang mereka buat. 	Tahap STEM: Uji Coba Tahap <i>Reverse Engineering: Testing product</i>
5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siswa diarahkan untuk mengisi bagian “Perbaikan Desain”. 2. Siswa mengidentifikasi masalah yang mereka temukan saat merancang, membuat, dan menguji, baik permasalahan logis maupun teknis. 3. Siswa menyimpulkan apakah alat yang mereka kembangkan mencerminkan semua kendala yang mereka tangani dari alat sebelumnya. 4. Siswa memperbaiki desain produk yang teknologi yang sudah dibuat sebelumnya agar lebih baik dan optimal. 5. Siswa mempresentasikan hasil rekayasa mereka. 6. Siswa menyimak dan merespon ketika kegiatan presentasi karena akan mendapat nilai lebih. 7. Siswa diberikan arahan dan tambahan oleh guru kepada kelompok yang presentasi. 8. Siswa dibantu guru memaknai kegiatan pembelajaran proyek yang telah dilaksanakan dengan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. 	Tahap STEM: Perbaikan Desain
Setelah Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pemberian <i>post-test</i> • Penilaian produk rekayasa menggunakan rubrik keterampilan rekayasa • Wawancara dan instrumen tambahan 	

3.5.3 Tahap Pasca Pelaksanaan

Pada tahap pasca pelaksanaan adalah pengolahan data hasil penelitian, melakukan pembahasan, dan menarik kesimpulan dari hasil analisis data. Pengolahan data dilakukan melalui uji statistik deskriptif dan uji *N-Gain*. Lebih rinci uji mengenai pengolahan data diuraikan pada subjudul Analisis Data. Data

yang telah diolah dan dianalisis dilanjut dengan melakukan interpretasi, pembahasan, dan penarikan kesimpulan. Pada bagian ini, hasil temuan dibandingkan dengan penelitian terdahulu dan didukung dengan teori. Setelah itu, langkah terakhir adalah dilakukannya penarikan kesimpulan dari pembahasan untuk menjawab pertanyaan penelitian yang telah diajukan, serta implikasi dan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

3.6 Analisis Data

Jenis instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah instrumen non tes. Analisis data yang dilakukan secara deskriptif berdasarkan data kuantitatif yang diperoleh dari hasil *pre-test* dan *post-test* aksi siswa. Sementara penilaian kinerja siswa dinilai melalui rubrik keterampilan rekayasa. Peneliti menggunakan perangkat lunak (*software*) Microsoft Office Excel 2021 untuk melakukan tabulasi skor aksi dan penilaian kinerja keterampilan rekayasa siswa. Selanjutnya nilai aksi yang sudah diolah, dilakukan uji statistik deskriptif menggunakan *software* IBM SPSS versi 26 untuk memperoleh total nilai maksimum dan minimum, rata-rata nilai, standar deviasi, nilai terendah dan tertinggi, dan uji *N-Gain* serta interpretasinya. Adapun penjelasan lebih lengkap terkait analisis data pada setiap variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini.

3.6.1 Analisis Data Keterampilan Rekayasa Siswa

Data keterampilan rekayasa siswa dianalisis berdasarkan hasil penilaian kinerja siswa melalui Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), hasil observasi terhadap produk hasil rekayasa, serta observasi terhadap salah satu kriteria kinerja yaitu presentasi dan pelaporan. Penilaian dilakukan menggunakan rubrik keterampilan rekayasa dengan skala 1-4 yang diadaptasi dari penelitian yang sudah disebutkan sebelumnya. Hasil nilai kinerja siswa dan produk rekayasa ditabulasi dan dihitung rata-ratanya kemudian dipersentasekan sesuai dengan tujuh kriteria kinerja keterampilan rekayasa menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Nilai (\%)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100$$

Setelah mendapat persentase nilai rata-rata, dilanjut dengan interpretasi ke dalam kategori sangat baik, baik, cukup, kurang, dan kurang sekali (Purwanto, 2015). Pengkategorian nilai rata-rata keterampilan rekayasa disajikan pada Tabel 3.12.

Tabel 3. 12 Pengkategorian Skor Keterampilan Rekayasa

Kategori	Nilai (%)
Sangat baik	86-100
Baik	76-85
Cukup	60-75
Kurang	55-59
Kurang sekali	<55

(Purwanto, 2015)

Data selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan diagram batang, dianalisis, lalu dijelaskan secara deskriptif didukung dengan pembahasan hasil temuan serta penelitian atau literatur terdahulu.

3.6.2 Analisis Data Aksi Siswa

Data aksi siswa didapatkan dari hasil *pre-test* dan *post-test* dalam bentuk kuesioner dengan skala Likert 1-4 poin. Pada pernyataan dengan jenis positif, poin satu berarti skor terendah sementara poin empat adalah skor tertinggi, sedangkan pada pernyataan dengan jenis negatif berlaku sebaliknya. Terdapat 48 pernyataan sehingga skor maksimal yang dapat diperoleh siswa adalah 192. Perhitungan skor atau tabulasi data hasil kuesioner aksi siswa secara rinci disajikan pada Lampiran C.1.

Setelah data diolah dan dihitung, dilakukan uji statistik deskriptif untuk memperoleh nilai tertinggi dan terendah, rata-rata (mean), dan standar deviasi. Hasil uji statistik deskriptif disajikan dalam bentuk tabel. Selanjutnya, untuk mengetahui peningkatan aksi siswa sebelum diberikan perlakuan pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD SDG *Life on land* dan setelah perlakuan, dilakukan uji *Normalized Gain* (N-Gain). Uji N-Gain dilakukan pada setiap indikator aksi, yaitu untuk melihat peningkatan aksi siswa di masa lalu, masa sekarang, masa depan, dan capaian kompetensi. Sebelum dilakukan uji N-Gain, skor aksi siswa diubah menjadi skala 1-100 menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan *N-Gain* menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Hake (1999) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai } N - \text{Gain} = \frac{T_2 - T_1}{T_{\text{total}} - T_1}$$

Keterangan:

Skor ideal = skor maksimal yang bisa didapat

Kemudian skor *N-Gain* yang didapat, dikategorikan berdasarkan kategori yang ditunjukkan pada Tabel 3.13.

Tabel 3. 13 Interpretasi Pengelompokkan *N-Gain*

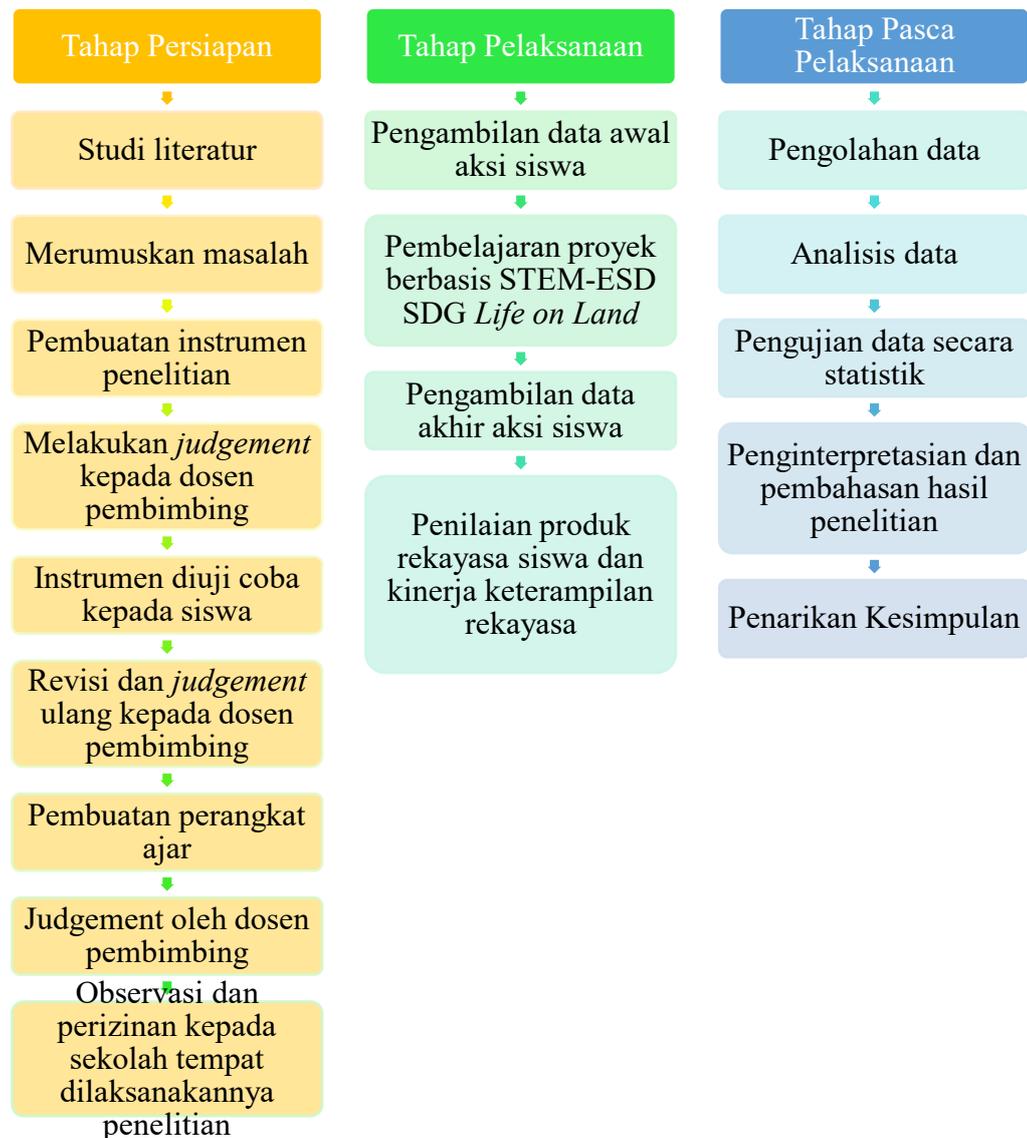
Nilai <i>N-Gain</i>	Kriteria
$N \geq 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq N < 0,70$	Sedang
$N < 0,30$	Rendah

(Hake, 1999)

Selanjutnya setelah siswa dikelompokkan berdasarkan kategori peningkatan aksinya, jumlah siswa dipersentasekan sehingga diperoleh data persentase jumlah siswa yang masuk ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi di setiap masa dan capaian kompetensi. Data hasil persentase *N-Gain* ini disajikan menggunakan diagram *pie*.

3.7 Alur Penelitian

Berikut disajikan diagram alir untuk seluruh tahapan penelitian yang sudah dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Alur Penelitian