

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode dan Desain Penelitian

Pada bab ini, dipaparkan mengenai metode dan desain penelitian yang digunakan pada pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik terhadap keterampilan rekayasa dan aksi siswa. Bab ini menjelaskan beberapa bagian meliputi metode penelitian, desain penelitian, populasi dan sampel, definisi operasional, instrumen penelitian serta terdapat hasil uji validitas dan uji reliabilitas, tahapan pembelajaran proyek STEM-ESD, analisis data yang digunakan serta rincian alur penelitian.

3.1.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen yang tujuannya untuk mengetahui bagaimana pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol terhadap keterampilan rekayasa dan peningkatan aksi siswa di SMA. Penelitian ini menggunakan metode *Pre-Eksperimental* dengan subjek penelitiannya menggunakan satu kelompok eksperimen, yang digunakan untuk mengetahui munculnya keterampilan rekayasa dan peningkatan aksi siswa terhadap perlakuan yaitu pembelajaran proyek STEM-ESD. Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif melalui kegiatan pembelajaran berbasis proyek STEM-ESD, pada variabel keterampilan rekayasa yang diukur secara kelompok melalui jawaban Lembar Kerja Siswa (LKPD) dan selama proses pembuatan produk berupa teknologi sederhana, serta untuk mengukur aksi siswa secara individu melalui pengisian kuesioner aksi yang diberikan sebelum dan setelah pembelajaran.

3.1.2 Desain Penelitian

Pada penelitian ini untuk desain penelitian yang digunakan yaitu *One Group Pre-test Post-test Design* yang diukur pada saat sebelum dan sesudah pembelajaran dengan melibatkan satu kelompok eksperimen. Seluruh siswa diberikan perlakuan

dengan pemberian *pretest* dan *posttest* terkait aksi siswa. Sementara variabel keterampilan rekayasa (*engineering design process*) siswa tidak diberikan *pretest* maupun *posttest*, hal ini dikarenakan pada keterampilan rekayasa ini hanya dilihat selama proses pembelajaran proyek STEM-ESD dengan membuat teknologi sederhana berupa alat destilasi pembuat produk bioetanol dan jawaban dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang berisi pertanyaan sehingga dapat dianalisis secara deskriptif. Variabel keterampilan rekayasa dan aksi siswa dihasilkan dari pembelajaran proyek STEM-ESD pada SDGs poin 12 terkait konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (*responsible consumption and production*), sehingga variabel keterampilan rekayasa siswa diukur ketika selama proses pembelajaran dan akhir pembelajaran proyek telah selesai dilaksanakan. Sedangkan pada variabel aksi, seluruh siswa diberikan kuesioner berupa angket yang wajib diisi oleh seluruh siswa, kemudian *pretest* diberikan pada saat siswa belum mengikuti kegiatan pembelajaran proyek STEM-ESD pada SDGs poin 12 terkait konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (*responsible consumption and production*). Sedangkan untuk melihat peningkatan aksi siswa *posttest* diberikan pada saat di akhir pembelajaran proyek STEM-ESD. *Posttest* diberikan untuk melihat peningkatan variabel aksi berkelanjutan siswa pada setiap tindakan masanya. Berikut desain penelitian yang digunakan yang tertera pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Desain Penelitian *One Group Pre-test Post-test Design*

Kelompok	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Eksperimen	O1	X	O2

Keterangan :

O1 : Pengambilan data awal untuk variabel aksi siswa yaitu dengan diberikan *pretest* sebelum kegiatan pembelajaran proyek STEM-ESD dilaksanakan.

X : Dilakukan pembelajaran proyek STEM-ESD pada SDGs poin 12 terkait *responsible consumption and production*, serta pengambilan data awal variabel keterampilan rekayasa diukur selama proses pembelajaran proyek STEM-ESD dengan membuat teknologi sederhana berupa alat destilasi pembuat produk bioetanol.

Eva Sulistiyanti, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK
MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

O2 : Dilakukan pengambilan data akhir untuk variabel aksi siswa berupa pemberian *posttest* setelah akhir pembelajaran proyek STEM-ESD selesai dan variabel keterampilan rekayasa terkait data yang belum diambil selama pelaksanaan pembelajaran dan penilaian hasil jawaban LKPD.

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa-siswi kelas X di salah satu sekolah menengah atas yang ada di kota Bandung dengan materi Perubahan Lingkungan pada sub bab materi Teknologi Pengolahan Limbah Organik. Total sampel dalam penelitian ini siswa kelas X sebanyak 71 siswa dari total populasi sebanyak 350 orang. Sampel dikelompokkan menjadi 12 kelompok kecil yang beranggotakan 5-6 siswa. Untuk kriteria sampel yang dipilih yaitu siswa kelas X yang belum mempelajari materi Perubahan Lingkungan pada sub bab materi Teknologi Pengolahan Limbah Organik. Teknik sampling yang digunakan adalah *convenience sampling* karena sampel yang dipilih dan diambil sesuai dengan ketersediaan pada sekolah tersebut.

Alasan memilih sekolah tersebut karena letak atau lokasinya dekat dengan pasar tradisional dan lingkungan padat penduduk yang mana banyak sekali sampah organik maupun anorganik yang dihasilkan setiap harinya, maka dari itu dari permasalahan lingkungan yang kontekstual tersebut siswa dapat memikirkan suatu solusi optimal berupa perancangan desain prototipe untuk mengatasi dan menangani limbah yang menjadi pemicu dari masalah tersebut. Sehingga dari permasalahan tersebut dapat meneliti dan mengukur keterampilan rekayasa dan aksi siswa sebagai kesadaran dalam kepedulian lingkungan yang belum banyak diteliti di sekolah tersebut melalui kegiatan pembelajaran proyek STEM-ESD pada SDGs poin 12 terkait konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (*responsible consumption and production*).

3.3 Definisi Operasional

Terdapat definisi operasional yang berfungsi sebagai penjelasan terkait variabel-variabel dalam penelitian, data serta instrumen penelitian. Berikut ini adalah beberapa definisi operasional dalam penelitian ini yaitu

1. Pembelajaran proyek STEM-ESD terkait konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.

Suatu kegiatan pembelajaran yang dilakukan oleh siswa di sekolah yang terintegrasi oleh *science, technology, engineering and mathematics*. Melalui pembelajaran proyek STEM-ESD ini, mampu memberikan konsep pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan dan memfasilitasi siswa dalam pengembangan wawasan, pengetahuan, keterampilan dan perilaku yang memungkinkan siswa memiliki hubungan dengan lingkungan sekitar yang kontekstual. Pembelajaran ini mampu mengembangkan keterampilan siswa dengan membuat suatu produk teknologi sederhana sebagai bentuk pemecahan masalah limbah organik dalam mencapai keberhasilan SDGs poin 12 mengenai konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab. Dalam pembelajaran proyek STEM-ESD ini siswa pada umumnya diminta untuk bisa menentukan solusi yang optimal terkait isu permasalahan pengolahan limbah organik dengan aspek berkelanjutan. Oleh karena itu siswa diberikan kesempatan untuk membuat dan merekayasa suatu produk teknologi sederhana berupa alat yang digunakan untuk mengolah limbah organik rumah tangga yang berasal dari sisa makanan untuk dijadikan produk bioetanol.

Kegiatan pembelajaran yang dilakukan melalui tahapan pembelajaran yang diadaptasi dari (Widodo, 2021a). Melalui pembelajaran proyek STEM-ESD terkait SDGs poin 12 yaitu *responsible consumption and production* ini siswa akan melalui beberapa tahapan diantaranya tahap awal yaitu ‘perumusan masalah’. Pertemuan kedua masuk pada tahapan ‘pikir’ dan ‘desain’. Pada tahap ini siswa berpikir dan membangun ide terkait rancangan berupa produk teknologi sederhana, kemudian merancang desain suatu alat produk teknologi yang akan dibuatnya dengan menentukan alat, bahan, rancangan anggaran biaya dan mempertimbangkan secara

fungsi antar komponen untuk mengatasi limbah organik di lingkungan sekitar mereka. Pada pertemuan ketiga yaitu tahapan ‘buat’ (siswa membuat dan mengembangkan produk teknologi sederhana sesuai dengan rancangan desain sebelumnya), untuk menyelesaikan pembuatan produk teknologi siswa melanjutkan di luar jam pelajaran dan kemudian masuk pada tahap ‘uji’ yaitu siswa menganalisis kualitas dan fungsi, serta kelebihan dan kekurangan produk teknologi berupa alat yang telah dibuat. Tahapan keempat yaitu tahap ‘perbaiki desain’ (sebelum siswa menampilkan serta memaparkan hasil dari produk teknologi sederhana tersebut, siswa secara berkelompok memperbaiki desain rancangan spesifikasi berdasarkan hasil evaluasi kekurangan dan kelebihan alat yang sudah diuji coba, selanjutnya siswa mempresentasikannya secara berkelompok, kemudian guru dan teman yang berbeda kelompok memberikan *feedback*).

2. Kemampuan keterampilan rekayasa (*engineering design process*)

Suatu keterampilan siswa yang diterapkan dalam pembelajaran STEM-ESD berbasis desain atau proyek. Proyek STEM-ESD yang terintegrasi *engineering design process* dapat memberikan solusi pada SDGs poin ke-12 melalui pembuatan suatu produk teknologi sederhana untuk mengolah limbah organik menjadi produk bioetanol. Dalam mengukur penilaian kemampuan keterampilan rekayasa siswa diukur melalui LKPD yang dikerjakan secara berkelompok. Untuk indikator skala yang diukur yang diadaptasi dan dimodifikasi dari penelitian (Jin, 2015), diantaranya terdapat empat fase yaitu masalah (*problem*), solusi (*solution*), implementasi (*implementation*) dan manajemen proses. Untuk indikator kriteria kinerja yang dinilai antara lain, pengenalan masalah, mendefinisikan masalah, menghasilkan ide, memilih solusi optimal, meningkatkan solusi, presentasi dan laporan hasil serta manajemen proses desain. Melalui penilaian LKPD ini dimulai dari tahapan pengenalan masalah hingga manajemen proses desain, begitu pula hasilnya dilihat dari aktivitas atau kegiatan siswa selama proses membuat produk teknologi sederhana dan mempresentasikan hasil teknologi sederhana yang telah dibuatnya.

Eva Sulistiyanti, 2025

**PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK
MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA**
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

2. Aksi siswa

Siswa yang berkontribusi dalam penanganan pengolahan limbah organik dengan mengembangkan teknologi sederhana yang inovatif, sehingga mampu mengatasi masalah lingkungan yang kontekstual serta sikap peduli terhadap lingkungan. Melalui isu permasalahan lingkungan tersebut, siswa akan mampu dan terbiasa membangun ide kreatif sebagai bentuk aksi untuk membuat suatu produk teknologi sederhana sebagai solusi dalam merancang desain atau merekayasa. Aksi siswa dalam pembelajaran STEM-ESD ini yaitu, siswa membuat suatu produk teknologi sederhana berupa prototipe untuk mengolah limbah organik menjadi bioetanol, sehingga siswa memiliki kesadaran terhadap produksi dan konsumsi yang berkelanjutan. Dalam penelitian (Hadjichambis & Paraskeva-Hadjichambi, 2020) dengan mengukur tingkat aksi siswa secara individu berdasarkan pengalaman pribadi siswa yang terdapat tiga dimensi masa diantaranya adalah terdapat capaian kompetensi, tindakan masa lalu, tindakan masa sekarang, dan tindakan masa depan dengan menggunakan kuesioner atau angket berskala Likert. Dalam mengukur aksi siswa terintegrasi oleh *ESD Learning goals* dilihat dari kuesioner yang diisi oleh siswa pada saat *pretest* (sebelum pembelajaran) dan *posttest* (pembelajaran pada pertemuan terakhir). Selain itu juga diukur melalui observasi wawancara kepada perwakilan siswa saat pembelajaran pada pertemuan terakhir.

3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen dalam penelitian ini terdapat dua macam instrumen yaitu instrumen non-tes berupa rubrik penilaian untuk mengukur keterampilan rekayasa dan kuesioner untuk mengukur peningkatan aksi siswa. Rubrik penilaian keterampilan rekayasa siswa melalui jawaban LKPD selama pembelajaran proyek STEM-ESD pada SDGs poin 12 terkait konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (*responsible consumption and production*) yaitu menggunakan rubrik penilaian *performance-based Evaluation Rubric* (PBER) yang diadaptasi dan dimodifikasi dari penelitian Jin (2015). Sedangkan untuk mengukur aksi siswa ini

menggunakan instrumen *Environmental Citizenship Questionnaire* (ECQ) yang diadaptasi dari penelitian Hadjichambis & Paraskeva Hadjichambi (2020) yang dielaborasi dengan tujuan pembelajaran yang dapat dicapai pada SDGs poin ke-12 terkait konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (*responsible consumption and production*) yang tercantumkan dalam ESD *learning goals*. Berikut instrumen penelitian dalam pembelajaran proyek STEM-ESD terkait konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (*responsible consumption and production*).

3.4.1 Instrumen Keterampilan Rekayasa

Instrumen yang digunakan untuk mengukur keterampilan rekayasa siswa dilihat selama proses pembelajaran proyek STEM-ESD dengan membuat teknologi sederhana berupa alat destilasi pembuat produk bioetanol dan hasil jawaban LKPD siswa. Instrumen penilaian ini terdapat tujuh kriteria kinerja dan 24 indikator diantaranya pengenalan masalah, mendefinisikan masalah, menghasilkan ide, memilih solusi optimal, meningkatkan solusi, presentasi dan laporan hasil serta manajemen proses desain. Penilaian keterampilan rekayasa diukur secara berkelompok. Instrumen penilaian keterampilan rekayasa (*engineering design process*) berupa non tes menggunakan skala Likert-4 poin berdasarkan rubrik penilaian *performance-based Evaluation Rubric* (PBER) yang diadaptasi dan dimodifikasi dari penelitian Jin (2015). Untuk skor penilaian keterampilan rekayasa terdiri dari skor 1 dengan kategori kurang baik, mendapatkan skor 2 untuk kategori cukup baik, skor 3 untuk kategori baik dan mendapatkan skor 4 untuk kategori sangat baik. Adapun kisi-kisi indikator instrumen keterampilan rekayasa (*engineering design process*) yang diadaptasi dan dimodifikasi dari penelitian (Jin, 2015) memiliki empat fase diantaranya fase masalah (*problem*), fase solusi (*solution*) dan fase pelaksanaan (*implementation*) serta fase manajemen proses desain yang dijabarkan pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Kisi-kisi Instrumen Keterampilan Rekayasa Siswa

Fase	Kriteria Kinerja	Tahapan STEM
Masalah (<i>Problem</i>)	Pengenalan Masalah (<i>Problem recognition</i>)	Perumusan masalah
	Mendefinisikan Masalah (<i>Problem definition</i>)	
Solusi (<i>solution</i>)	Pembuatan atau Menghasilkan ide (<i>Ide generation</i>)	Pikir
	Memilih solusi optimal (<i>Optimal solution selection</i>)	Desain
Implementasi (<i>implementation</i>)	Meningkatkan solusi (<i>Solution Improvement</i>)	Buat
		Uji
	Presentasi/ laporan (<i>Presentation and reporting</i>)	Perbaikan Desain
Manajemen Proses	Manajemen Proses Desain	Perbaikan Desain

(diadaptasi dan dimodifikasi dari Jin, 2015)

3.4.2 Instrumen Aksi Siswa

Instrumen aksi siswa digunakan untuk mengukur peningkatan aksi siswa berdasarkan kategori skor yang diperoleh, hal ini bertujuan agar dapat mendukung aksi berkelanjutannya terkait SDGs poin ke-12 yaitu konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (*responsible consumption and production*). Instrumen aksi dalam penilaiannya menggunakan kuesioner dengan skala likert-4 poin berdasarkan *Environmental Citizenship Questionnaire* (ECQ) yang diadaptasi dari penelitian Hadjichambis & Paraskeva Hadjichambi (2020). Jumlah pernyataan terkait SDGs *responsible consumption and production* terdapat 23 item dimensi tindakan masa, sedangkan untuk capaian kompetensi terdapat 19 pernyataan. Beberapa pernyataan yang dicantumkan terdiri dari pernyataan positif dan negatif pada dimensi capaian

Eva Sulistiyanti, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK
MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA

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

kompetensi. Sedangkan pada dimensi tindakan per masanya setiap pernyataan bermuatan positif. Mengukur peningkatan aksi siswa terdapat tiga dimensi masa dan capaian kompetensi diantaranya tindakan masa lalu, tindakan masa sekarang, dan tindakan masa depan. Pernyataan aksi diisi oleh seluruh siswa sesuai dengan pengalaman pribadi yang pernah mereka alami sebelumnya maupun rencana atau harapan aksi yang ingin dicapai pada masa depan.

Adapun tiga indikator aksi yang diadaptasi dari sub topik SDGs poin ke-12 yaitu terkait konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (*responsible consumption and production*) diantaranya pola konsumsi dan produksi, gaya hidup berkelanjutan serta produksi dan konsumsi yang berkelanjutan. Skala dengan skor 1-4 pada pernyataan dimensi tindakan masa lalu dan tindakan masa sekarang terdiri atas pilihan rencana aksi diantaranya tidak pernah (TP), jarang (JR), sering (SR), dan selalu (SL). Pada dimensi tindakan masa depan pada pernyataannya terdiri atas pilihan rencana aksi diantaranya tidak akan melakukan (TAM), ragu akan melakukan (RAM), berusaha akan melakukan (BAM) dan yakin akan melakukan (YAM). Sedangkan untuk dimensi capaian kompetensi pada pernyataannya terdiri atas pilihan rencana aksi diantaranya sangat tidak mampu (STM), tidak mampu (TM), mampu (M), sangat mampu (SM). Selain itu, instrumen aksi siswa ini menggunakan indikator yang berasal dari tujuan pembelajaran (*learning objectives*) yang tercantum dalam ESD *Education of sustainable development* pada SDGS poin 12. Dalam *learning objectives* SDGs poin ke-12 ini mencakup aspek kognitif (pengetahuan), sosio-emosional dan tingkah laku (*behaviour*). Berikut merupakan kisi-kisi instrumen aksi siswa yang diadaptasi dari sub topik SDGs poin ke-12 yaitu terkait konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (*responsible consumption and production*) disajikan dalam Tabel 3.3

Tabel 3.3 Kisi-kisi Instrumen Aksi Siswa terkait SDGs ke-12 *Responsible Consumption and Production* Sebelum Uji Validitas dan Reliabilitas

Indikator	Deskripsi Indikator	Sub Topik SDGs <i>Responsible Consumption and Production</i>	ESD <i>Learning Goals</i>	Nomor Pernyataan	Jumlah
Tindakan masa lalu, masa sekarang, dan masa depan	Tindakan masa lalu, tindakan masa sekarang, dan tindakan masa depan yang dilakukan oleh siswa sesuai dengan pengalaman pribadi yang pernah dialami.	Pola Konsumsi dan Produksi	Kognitif	1,2,3,4	30
			Sosio-emosional	5,6,7,8	
			Tingkah laku	9,10,11	
		Gaya Hidup Berkelanjutan	Kognitif	12,13,14	
			Sosio-emosional	15,16,17	
			Tingkah laku	18,19,20	
		Produksi dan Konsumsi Berkelanjutan	Kognitif	21,22,23	
			Sosio-emosional	24,25,26	
			Tingkah laku	27,28,29,30	
Capaian kompetensi	Capaian atau upaya siswa dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa terkait aksi konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (<i>responsible consumption and production</i>)	Pola Konsumsi dan Produksi	Kognitif	1,2	20
			Sosio-emosional	3,4	
			Tingkah laku	5,6	
		Gaya Hidup Berkelanjutan	Kognitif	7,8,9	
			Sosio-emosional	10,11	
			Tingkah laku	12,13,14	
		Produksi dan Konsumsi Berkelanjutan	Kognitif	15,16	
			Sosio-emosional	17,18	
			Tingkah laku	19,20	
Jumlah					50

Berdasarkan Tabel 3.3 kisi-kisi instrumen aksi siswa sebelum di uji validitas dan reliabilitas terdapat 50 item pernyataan. 50 item pernyataan yang dibuat, kemudian dilakukan pemeriksaan oleh dosen pembimbing pada setiap pernyataannya. Selanjutnya setelah mendapatkan masukan dan saran dari dosen pembimbing, dilakukan revisi pada setiap item pernyataannya. Sebanyak 50 item pernyataan dilakukan pengujian validitas dan reliabilitas kepada 77 orang siswa kelas XI IPA di salah satu SMAN kabupaten Bandung. Hasil pengujian tersebut

menggunakan aplikasi SPSS untuk mengetahui setiap pernyataannya apakah sudah reliabel atau tidak. Pernyataan dikatakan valid jika nilai r hitung $>$ nilai r tabel. Nilai r tabel untuk tingkat signifikansi 0.05 adalah 0,224 dengan sampel (n) sebanyak 77 orang siswa. Berikut adalah hasil pengujian validitas dan reliabilitas setiap pernyataan aksi siswa terkait SDGs *responsible consumption and production* yang disajikan pada Tabel 3.4. Hasil pengujian validitas dan reliabilitas aksi siswa secara lengkap terdapat pada Lampiran A.1

Tabel 3.4 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Aksi Siswa terkait SDGs ke-12
Responsible Consumption and Production

No. Butir	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan	No. Baru
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan		
1	Positif	0,381** Valid	0,620** Valid	0,390** Valid	Digunakan	1
2	Positif	0,335** Valid	0,417** Valid	0,454** Valid	Digunakan	2
3	Positif	0,679** Valid	0,604** Valid	0,526** Valid	Digunakan	3
4	Positif	0,569** Valid	0,693** Valid	0,534** Valid	Digunakan	4
5	Negatif	0,211 Tidak Valid	0,417** Valid	0,280* Valid	Tidak Digunakan	-
6	Positif	0,239* Valid	0,327** Valid	0,338** Valid	Digunakan	5
7	Positif	0,421** Valid	0,367** Valid	0,478** Valid	Digunakan	6
8	Positif	0,516** Valid	0,472** Valid	0,396** Valid	Digunakan	7
9	Positif	0,614** Valid	0,536** Valid	0,489** Valid	Digunakan	8
10	Positif	0,492** Valid	0,598** Valid	0,620** Valid	Digunakan	9
11	Positif	0,195 Tidak Valid	0,253* Valid	0,264* Valid	Tidak Digunakan	-
12	Positif	0,525** Valid	0,401** Valid	0,322** Valid	Digunakan	10
13	Negatif	0,126 Tidak Valid	0,067 Tidak Valid	0,115 Tidak Valid	Tidak Digunakan	-
14	Positif	0,411** Valid	0,296** Valid	0,313** Valid	Digunakan	11
15	Negatif	0,80	-0,169 Tidak Valid	0,288	Tidak Digunakan	-

Eva Sulistiyanti, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA

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

No. Butir	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan	No. Baru
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan		
		Tidak Valid		Tidak Valid		
16	Positif	0,554** Valid	0,529** Valid	0,482** Valid	Digunakan	12
17	Positif	0,656** Valid	0,728** Valid	0,375** Valid	Digunakan	13
18	Positif	0,460** Valid	0,448** Valid	0,562** Valid	Digunakan	14
19	Negatif	0,274* Valid	0,074 Tidak Valid	0,213 Tidak Valid	Tidak Digunakan	-
20	Positif	0,516** Valid	0,489** Valid	0,622** Valid	Digunakan	15
21	Positif	0,564** Valid	0,464** Valid	0,363** Valid	Digunakan	16
22	Negatif	-0,125 Tidak Valid	-0,214 Tidak Valid	-0,109 Tidak Valid	Tidak Digunakan	-
23	Positif	0,709** Valid	0,586** Valid	0,544** Valid	Digunakan	17
24	Positif	0,353** Valid	0,365** Valid	0,404** Valid	Digunakan	18
25	Positif	0,275* Valid	0,343** Valid	0,405** Valid	Digunakan	19
26	Positif	0,340** Valid	0,376** Valid	0,437** Valid	Digunakan	20
27	Positif	0,564** Valid	0,584** Valid	0,592** Valid	Digunakan	21
28	Positif	0,336** Valid	0,243* Valid	0,313** Valid	Digunakan	22
29	Positif	0,410** Valid	0,541** Valid	0,537** Valid	Digunakan	23
30	Negatif	-0,306 Tidak Valid	-0,107 Tidak Valid	-0,010 Tidak Valid	Tidak Digunakan	-
Reliabilitas		0,769	0,785	0,777	Reliabel	23

Berdasarkan Tabel 3.4 didapatkan hasil uji coba instrumen aksi siswa dari pengujian validitas dan reliabilitas, bahwa dari 30 pernyataan aksi siswa sebanyak 7 butir pernyataan tidak valid pada dimensi tindakan masa lalu, masa sekarang dan masa depan. Sedangkan sebanyak 23 butir pernyataan valid dan bisa digunakan untuk kuesioner penelitian. Pernyataan yang tidak valid, kemudian tidak digunakan agar validitas dan reliabilitasnya cukup baik. Terdapat pernyataan positif dan

negatif yang tidak valid, sehingga tidak digunakan sebagai kuesioner dalam peningkatan aksi siswa. Untuk mengetahui hasil uji validitas dan reliabilitas pada aksi capaian kompetensi, berikut merupakan hasil pengujiannya yang disajikan pada Tabel 3.5

Tabel 3.5 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Aksi Capaian Kompetensi

No. Butir	Jenis Pernyataan	Validitas		Reliabilitas		Keterangan	No. Baru
		R Hitung	Interpretasi	Alfa Cronbach	Reliabel		
1	Positif	0,526**	Valid	0,836	Reliabel	Digunakan	1
2	Positif	0,463**	Valid			Digunakan	2
3	Negatif	0,397**	Valid			Digunakan	3
4	Positif	0,563**	Valid			Digunakan	4
5	Positif	0,576**	Valid			Digunakan	5
6	Positif	0,529**	Valid			Digunakan	6
7	Positif	0,423**	Valid			Digunakan	7
8	Negatif	0,197	Tidak Valid			Tidak Digunakan	-
9	Positif	0,382**	Valid			Digunakan	8
10	Positif	0,560**	Valid			Digunakan	9
11	Positif	0,583**	Valid			Digunakan	10
12	Negatif	0,613**	Valid			Digunakan	11
13	Positif	0,474**	Valid			Digunakan	12
14	Positif	0,468**	Valid			Digunakan	13
15	Positif	0,534**	Valid			Digunakan	14
16	Positif	0,548**	Valid			Digunakan	15
17	Negatif	0,579**	Valid			Digunakan	16
18	Positif	0,627**	Valid			Digunakan	17
19	Positif	0,318**	Valid			Digunakan	18
20	Positif	0,532**	Valid			Digunakan	19

Berdasarkan Tabel 3.5 didapatkan hasil pengujian validitas dan reliabilitas aksi siswa pada capaian kompetensi, bahwa terdapat 1 pernyataan yang tidak valid, sehingga tidak digunakan sebagai kuesioner dalam penelitian. Namun terdapat 19 pernyataan yang valid dan bisa digunakan dalam kuesioner penelitian, terdiri dari pernyataan bermuatan positif dan negatif. Hasil dari pengujian validitas dan reliabilitas aksi siswa pada tindakan masa dan capaian kompetensi didapatkan sebanyak 42 pernyataan yang valid dan bisa digunakan. Berikut merupakan rincian variabel kedua yaitu kisi-kisi instrumen aksi siswa yang disajikan pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 Kisi-kisi Instrumen Aksi Siswa SDGs ke-12 *Responsible Consumption and Production* Sesudah Uji Validitas dan Reliabilitas

Indikator	Deskripsi Indikator	Sub Topik SDGs <i>Responsible Consumption and Production</i>	ESD Learning Goals	Nomor Pernyataan	Jumlah
Tindakan masa lalu, masa sekarang, dan masa depan	Tindakan masa lalu, tindakan masa sekarang, dan tindakan masa depan yang dilakukan oleh siswa sesuai dengan pengalaman pribadi yang pernah dialami.	Pola Konsumsi dan Produksi	Kognitif	1,2,3,4	23
			Sosio-emosional	5,6,7	
			Tingkah laku	8,9	
		Gaya Hidup Berkelanjutan	Kognitif	10,11	
			Sosio-emosional	12,13	
			Tingkah laku	14,15	
		Produksi dan Konsumsi Berkelanjutan	Kognitif	16,17	
			Sosio-emosional	18,19,20	
			Tingkah laku	21,22,23	
Capaian kompetensi	Capaian atau upaya siswa dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa terkait aksi konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (<i>responsible consumption and production</i>)	Pola Konsumsi dan Produksi	Kognitif	1,2	19
			Sosio-emosional	3,4	
			Tingkah laku	5,6	
Capaian kompetensi	Capaian atau upaya siswa dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa terkait aksi konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (<i>responsible consumption and production</i>)	Gaya Hidup Berkelanjutan	Kognitif	7,8	
			Sosio-emosional	9,10	
			Tingkah laku	11,12,13	
		Produksi dan Konsumsi Berkelanjutan	Kognitif	14,15	
			Sosio-emosional	16,17	
Tingkah laku	18,19				
Jumlah					42

Berdasarkan Tabel 3.6 didapatkan hasil setelah pengujian validitas dan reliabilitas aksi siswa pada tindakan masa dan capaian kompetensi, bahwa terdapat 42 pernyataan yang bisa digunakan sebagai kuesioner dalam penelitian variabel aksi siswa ini. Untuk jumlah pernyataan aksi siswa pada tindakan masa sebanyak 23 butir, sedangkan untuk aksi siswa pada capaian kompetensi sebanyak 19 butir. Peneliti memutuskan untuk menggunakan kuesioner sebanyak 42 butir, mengingat

jumlahnya sudah cukup banyak dan keterbatasan waktu pada saat itu. Setiap sub topik SDGs terkait *Responsible Consumption and Production* dengan tujuan pembelajaran yang mencakup kognitif, sosio emosional dan tingkah laku jumlah pernyataannya terwakilkan 2-3 butir pernyataan. Untuk mengetahui rekapitulasi nomor soal yang diubah berikut disajikan pada Tabel 3.7 dan Tabel 3.8.

Tabel 3.7 Rekapitulasi Hasil Akhir Uji Coba Instrumen Aksi Siswa per Masa Terkait SDGs ke-12 *Responsible Consumption and Production*

Nomor Soal		Keterangan
Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
1	1	Digunakan
2	2	Digunakan
3	3	Digunakan
4	4	Digunakan
5	-	Tidak digunakan
6	5	Digunakan
7	6	Digunakan
8	7	Digunakan
9	8	Digunakan
10	9	Digunakan
11	-	Tidak digunakan
12	10	Digunakan
13	-	Tidak digunakan
14	11	Digunakan
15	-	Tidak digunakan
16	12	Digunakan
17	13	Digunakan
18	14	Digunakan
19	-	Digunakan
20	15	Digunakan
21	16	Digunakan
22	-	Tidak digunakan
23	17	Digunakan
24	18	Digunakan
25	19	Digunakan
26	20	Digunakan
27	21	Digunakan
28	22	Digunakan
29	23	Digunakan
30	-	Tidak digunakan

Tabel 3.8 Rekapitulasi Hasil Akhir Uji Coba Instrumen Aksi Capaian Kompetensi Terkait SDGs ke-12 *Responsible Consumption and Production*

Nomor Soal		Keterangan
Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
1	1	Digunakan

Eva Sulistiyanti, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA

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

Nomor Soal		Keterangan
Sebelum Revisi	Setelah Revisi	
2	2	Digunakan
3	3	Digunakan
4	4	Digunakan
5	5	Digunakan
6	6	Digunakan
7	7	Digunakan
8	-	Tidak Digunakan
9	8	Digunakan
10	9	Digunakan
11	10	Digunakan
12	11	Digunakan
13	12	Digunakan
14	13	Digunakan
15	14	Digunakan
16	15	Digunakan
17	16	Digunakan
18	17	Digunakan
19	18	Digunakan
20	19	Digunakan

Berdasarkan Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 didapatkan bahwa rekapitulasi nomor butir pernyataan kuesioner aksi siswa pada tindakan masa lalu, masa sekarang, masa depan dan capaian kompetensi. Terdapat pernyataan yang tidak valid, sehingga butir pernyataan yang ada di bawah berubah posisi urutan nomor menjadi berada diposisi urutan ke atas. Sebanyak 42 butir pernyataan yang digunakan dalam penelitian, berikut contoh butir pernyataan aksi siswa pada tindakan masa dan capaian kompetensi setiap sub topik SDGs *Responsible Consumption and Production* yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 3.9

Tabel 3.9 Contoh Butir Pernyataan Instrumen Aksi Siswa Pada Tindakan Masa dan Capaian Kompetensi

Indikator	Sub Topik <i>Responsible Consumption and Production</i>	Contoh Pernyataan
Tindakan masa lalu, masa sekarang, dan masa depan	Pola Konsumsi dan Produksi	Saya berupaya untuk mengelola limbah organik terutama sisa makanan dengan cara yang bertanggung jawab.
	Gaya Hidup Berkelanjutan	Saya memikirkan rencana menu makanan harian untuk mengurangi jumlah sampah organik yang terbuang.

Indikator	Sub Topik <i>Responsible Consumption and Production</i>	Contoh Pernyataan
	Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan	Saya mengidentifikasi penyebab masalah lingkungan salah satunya berasal dari pembuangan sisa makanan yang tidak dikelola dengan baik.
Capaian Kompetensi	Pola Konsumsi dan Produksi	Saya mengingatkan kepada teman bahwa tanggung jawab menjaga lingkungan sekitar wajib dilakukan oleh setiap orang.
	Gaya Hidup Berkelanjutan	Saya mengajak anggota keluarga untuk membuat daftar belanja dengan bijak dan sesuai dengan kebutuhan saja.
	Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan	Saya memanfaatkan barang bekas untuk membuat teknologi pengolahan limbah organik.

3.4.3 Instrumen Tambahan Wawancara

Dalam penelitian ini selain menggunakan rubrik penilaian keterampilan rekayasa dan kuesioner aksi siswa, untuk mendukung pembahasan terdapat pengumpulan data lainnya yaitu berupa wawancara yang dilakukan pada saat akhir pembelajaran. Untuk instrumen tambahan wawancara ini hanya dilakukan pada beberapa perwakilan siswa saja dari setiap kelompoknya, hal ini untuk mengetahui informasi atau pendapat siswa terkait pengalaman belajar yang sudah dilakukan. Berikut merupakan kisi-kisi pertanyaan dalam wawancara yang disajikan pada tabel 3.10. kemudian untuk melihat rincian pertanyaan dapat dilihat pada lampiran B.6 yang sudah disajikan.

Tabel 3.10 Kisi-Kisi Pertanyaan Dalam Wawancara

No.	Indikator	Deskripsi Indikator	Nomor Pertanyaan	Jumlah
1.	Pelaksanaan pembelajaran	Pendapat siswa terkait proses pembelajaran proyek STEM-ESD yang telah dilakukan.	1,2,3	3
2.	SDGs poin 12 yaitu <i>responsible consumption and production</i> .	Pendapat siswa terkait solusi yang dipilih dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan pada poin 12.	4	1
3.	Keterampilan rekayasa	Pendapat siswa terkait keterampilan rekayasa dalam membuat dan mengembangkan produk teknologi sederhana.	5,6,7	3

Eva Sulistiyanti, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA

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

No.	Indikator	Deskripsi Indikator	Nomor Pertanyaan	Jumlah
4.	Aksi siswa	Pendapat siswa terkait aksi untuk mencapai keberlanjutan SDGs.	8,9	2
Jumlah Pertanyaan				9

3.4.4 Instrumen Tambahan Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran

Selain instrumen tambahan wawancara kepada siswa, dalam penelitian ini juga terdapat instrumen tambahan berupa lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran serta catatan lapangan penelitian pada aktivitas guru dan siswa setiap pertemuan untuk mengetahui bagaimana keterlaksanaan proses pembelajaran di kelas dan mendukung pembahasan terkait peningkatan kualitas dalam pembelajaran proyek STEM-ESD yang telah dilakukan. Setiap aktivitas yang dilakukan oleh guru dan siswa selama pembelajaran memiliki skor keterlaksanaan skala likert-4 poin. Skor terkecil (1) yang berarti keterlaksanaan kegiatan dilakukan dengan ‘tidak baik’, skor (2) keterlaksanaan kegiatan dilakukan dengan ‘kurang baik’, skor (3) keterlaksanaan kegiatan dilakukan dengan ‘cukup baik’ serta skor (4) keterlaksanaan kegiatan dilakukan dengan ‘baik’. Berikut merupakan kisi-kisi lembar keterlaksanaan proses pembelajaran proyek STEM-ESD yang disajikan pada Tabel 3.11. Untuk mengetahui rincian kegiatan keterlaksanaan pembelajaran dapat dilihat pada Lampiran B.3 dan Lampiran B.4

Tabel 3.11 Rincian Kisi-Kisi Lembar Keterlaksanaan Aktivitas Guru

Pertemuan	Tahapan	Aspek Keterlaksanaan Aktivitas Guru
1	Sebelum Pembelajaran Dimulai	Guru memberikan <i>pretest</i> mengenai kuesioner aksi siswa
	Perumusan Masalah	Guru menarik perhatian siswa dengan menampilkan tayangan berupa video terkait topik permasalahan kontekstual mengenai limbah organik.
		Guru memberikan motivasi terkait pentingnya kesadaran tentang pentingnya aksi berkelanjutan untuk mengatasi permasalahan tersebut yang kaitannya dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) poin 12 yaitu konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab dan materi teknologi pengolahan limbah organik.
		Guru memberikan pertanyaan terkait dampak dan penyebab limbah organik sebagai pemicu masalah pencemaran lingkungan.

Pertemuan	Tahapan	Aspek Keterlaksanaan Aktivitas Guru
1	Perumusan Masalah	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran.
		Guru membagi siswa menjadi 6 kelompok dan memberikan LKPD.
		Guru menjelaskan mekanisme pembelajaran yang akan dilaksanakan pada pertemuan ini.
		Guru mengarahkan siswa untuk berdiskusi dengan kelompok dan mengisi bagian “perumusan masalah” yang ada dalam LKPD.
		Guru membimbing siswa untuk melakukan identifikasi dan observasi permasalahan limbah organik di lingkungan sekitar.
		Guru menginstruksikan kepada siswa secara berkelompok untuk mengobservasi ke lingkungan sekitar sekolah dan rumah terkait permasalahan limbah organik yang kontekstual.
		Guru mengarahkan siswa untuk melakukan wawancara dan studi literatur kasus terkait permasalahan yang terjadi di lingkungan sekitar.
		Guru melakukan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan siswa terkait kesimpulan dan hasil pembelajaran.
		Guru menyampaikan informasi terkait apa saja yang harus dipersiapkan untuk pertemuan selanjutnya.
2	Pikir	Guru menayangkan dampak permasalahan SDGs <i>Responsible Consumption and Production</i> .
		Guru menayangkan visualisasi gambar dan video terkait spesifikasi teknologi pengolahan limbah organik.
		Guru menyampaikan acuan terkait mekanisme pembelajaran yang akan dilakukan seperti kegiatan yang akan dilakukan dan tujuan pembelajaran.
		Guru menginstruksikan siswa untuk mengisi bagian “pikir” di dalam (LKPD).
		Guru membimbing siswa untuk memikirkan solusi dan membuat ide terkait rancangan bentuk teknologi sebagai solusi alternatif mengatasi masalah pada limbah organik yang terbuang begitu saja dengan memperhatikan aspek ekonomi, sosial dan lingkungan.
		Guru memberikan contoh gambar teknologi sederhana yang dapat dibuat oleh Siswa secara berkelompok melalui teknologi pengolahan limbah organik.
		Guru menginstruksikan siswa untuk mengeksplor informasi terkait teknologi yang akan dibuat agar dapat dianalisis setiap komponen, spesifikasi, karakteristik dan bentuk teknologinya.
		Guru menginstruksikan siswa untuk menganalisis kekurangan dari alat destilasi yang sudah ada secara berkelompok.
2	Desain	Guru menginstruksikan siswa untuk mengisi LKPD pada bagian “desain” .
		Guru menginstruksikan untuk membuat desain rancangan alat.
		Guru mengingatkan siswa agar teknologi yang akan dibuat memperhatikan aspek sosial, ekonomi dan lingkungan.

Pertemuan	Tahapan	Aspek Keterlaksanaan Aktivitas Guru
		Guru memberikan masukan kepada siswa terkait desain rancangan teknologi.
		Guru menginstruksikan kepada siswa untuk mengeksplor terkait prinsip fermentasi dari limbah organik yang dipilih.
		Guru mengarahkan siswa untuk mempersiapkan pembuatan substrat fermentasi sebelum membuat teknologi sederhana.
		Guru melakukan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan siswa terkait hasil pembelajaran.
		Guru memberikan arahan kepada siswa untuk menyiapkan alat bahan yang diperlukan dalam membuat teknologi sederhana pada pertemuan berikutnya.
	Diluar Jam Pembelajaran	Guru mengarahkan siswa untuk mencari sumber referensi melalui internet terkait teknologi pengolahan limbah organik untuk bioetanol.
		Guru membimbing dan berdiskusi dengan siswa yang berkonsultasi secara <i>online</i> mengenai desain rancangan alat yang diusulkan.
3	Buat	Guru menyampaikan acuan terkait mekanisme pembelajaran yang akan dilakukan seperti kegiatan yang akan dilakukan dan tujuan pembelajaran.
		Guru mengarahkan siswa secara berkelompok untuk membuat teknologi sederhana dari alat dan bahan yang sudah dibawa sesuai dengan rancangan desain sebelumnya.
		Guru menginstruksikan siswa untuk mengerjakan dan mengisi pada bagian tahapan “buat” dalam LKPD.
		Guru mengecek dan membimbing pekerjaan setiap kelompok terkait progres teknologi sederhana yang dibuat.
		Guru melakukan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan siswa terkait hasil pembelajaran.
		Guru menginstruksikan kepada setiap kelompok jika dalam pembuatan perancangan teknologi belum selesai maka dapat dilanjutkan di luar jam pelajaran.
		Guru menginstruksikan siswa untuk menguji coba diluar jam dengan mendokumentasikan setiap tahapan yang dilakukan.
Diluar Jam Pembelajaran	Uji	Guru menginstruksikan siswa untuk menguji coba alat destilasi yang sudah dibuat dan menganalisis kekurangan serta kelebihan dari alat destilasi tersebut.
		Guru menginstruksikan siswa untuk melakukan perbaikan desain rancangan berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya agar teknologi yang dibuat lebih efisien.
		Guru mengarahkan siswa untuk mengerjakan dan mengisi LKPD pada bagian tahapan “uji coba”.
4	Perbaikan Desain	Guru menyampaikan acuan terkait mekanisme pembelajaran yang akan dilakukan seperti kegiatan yang akan dilakukan dan tujuan pembelajaran.
		Guru mengarahkan siswa untuk mengerjakan dan mengisi LKPD pada bagian tahapan “perbaikan desain”.
4	Perbaikan Desain	Guru menginstruksikan siswa untuk melakukan perbaikan desain rancangan berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya agar teknologi sederhana yang dibuat lebih efisien.

Eva Sulistiyanti, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA

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

Pertemuan	Tahapan	Aspek Keterlaksanaan Aktivitas Guru
		Guru membimbing siswa memperbaiki desain gambar alat destilasi dan menunjukkan komponen yang diperbaiki.
		Guru mengarahkan setiap kelompok untuk mempresentasikan hasil teknologi sederhana yang sudah dibuat di depan kelas.
		Guru mengarahkan setiap kelompok untuk melakukan sesi tanya jawab dan diskusi.
		Guru memberikan masukan dan saran pada setiap kelompok yang sudah melakukan presentasi.
		Guru membimbing siswa untuk menyimpulkan dan memaknai hasil proses pembuatan proyek pembelajaran STEM-ESD yang sudah dilaksanakan.
	Akhir Pembelajaran	Guru memberikan <i>posttest</i> mengenai aksi berkelanjutan.
		Guru membimbing siswa menentukan kesimpulan dan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan.
		Guru menginstruksikan kepada setiap kelompok untuk mengumpulkan LKPD dengan lengkap.
4	Diluar Pembelajaran	Guru melakukan pengujian pH dan adanya kandungan etanol pada cairan bioetanol yang diperoleh setiap kelompoknya.

Tabel 3.12 Rincian Kisi-Kisi Lembar Keterlaksanaan Aktivitas Siswa

Pertemuan	Tahapan	Aspek Keterlaksanaan Aktivitas Siswa
1	Sebelum Pembelajaran Dimulai	Siswa mengisi <i>pretest</i> kuesioner aksi berkelanjutan
	Perumusan Masalah	Siswa mengamati tayangan berupa video terkait topik permasalahan kontekstual mengenai limbah organik.
		Siswa menjawab dan menyebutkan dampak serta penyebab limbah organik sebagai pemicu permasalahan limbah organik.
		Siswa aktif dalam merespon seperti menjawab dari pertanyaan yang guru berikan.
		Siswa berdiskusi dengan kelompok untuk mengisi LKPD pada bagian 'perumusan masalah'.
		Siswa bersama dengan kelompoknya mengidentifikasi permasalahan dari wacana terkait limbah organik yang ada dalam LKPD.
		Siswa dibimbing untuk menentukan kesimpulan dan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan.
Diluar Pembelajaran	Perumusan Masalah	Siswa mengobservasi ke lingkungan sekitar sekolah dan rumah terkait permasalahan limbah organik yang kontekstual dengan wawancara dan studi literatur.
2	Pikir	Siswa mengamati dan mengidentifikasi dampak permasalahan SDGs terkait <i>Responsible Consumption and Production</i> .
		Siswa secara berkelompok menganalisis kekurangan alat destilasi sederhana yang sudah ada sebelumnya.
		Siswa memikirkan solusi dan membuat ide terkait rancangan bentuk teknologi sebagai solusi alternatif mengatasi masalah pada limbah organik yang terbuang

Eva Sulistiyanti, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA

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

Pertemuan	Tahapan	Aspek Keterlaksanaan Aktivitas Siswa
2	Pikir	begitu saja dengan memperhatikan aspek ekonomi, sosial dan lingkungan.
	Desain	Siswa mencari informasi mengenai teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol.
	Pikir	Siswa berdiskusi dengan kelompok untuk mengisi LKPD pada bagian 'Pikir'.
		Siswa berdiskusi dengan kelompok untuk mengisi LKPD pada bagian 'Desain'.
		Siswa membuat desain rancangan alat destilasi.
		Siswa mempersiapkan alat dan bahan prinsip kerja, anggaran biaya dan cara kerja dalam pembuatan alat destilasi serta menyiapkan substrat fermentasi.
Siswa meminta saran dan mengkonsultasikan desain rancangan teknologi kepada guru.		
Diluar Jam Pembelajaran	Desain	Siswa dibimbing untuk menentukan kesimpulan dan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan.
		Siswa diarahkan untuk mencari sumber referensi melalui internet terkait teknologi pengolahan limbah organik untuk bioetanol
		Siswa bersama dengan kelompok mengumpulkan kebutuhan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan teknologi dengan dibantu oleh guru.
		Siswa berkonsultasi secara <i>online</i> dengan guru terkait desain rancangan alat destilasi sederhana yang diusulkan.
		Siswa membuat substrat fermentasi yang berasal dari limbah organik dengan mempertimbangkan prinsip fermentasi.
3	Buat	Siswa membuat teknologi sederhana dari alat dan bahan yang sudah dibawa sesuai dengan rancangan desain sebelumnya.
		Siswa berdiskusi dengan kelompok untuk mengisi LKPD pada bagian 'Buat'.
		Siswa menyampaikan progres dalam proses perancangan teknologi yang dibuat.
		Siswa mengkonsultasikan kesulitan selama proses perancangan teknologi kepada guru.
		Siswa dibimbing untuk menentukan kesimpulan dan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan.
		Siswa dibimbing untuk menentukan kesimpulan dan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan.
Diluar Jam Pembelajaran	Uji	Siswa menguji coba alat destilasi yang sudah dibuat.
		Siswa menganalisis kekurangan serta kelebihan dari alat destilasi tersebut.
		Siswa berdiskusi dengan kelompok untuk mengisi LKPD pada bagian 'Uji Coba' serta mendokumentasikan setiap tahapan dalam pengujian alat destilasi yang sudah dibuat.

Pertemuan	Tahapan	Aspek Keterlaksanaan Aktivitas Siswa
4	Perbaikan Desain	Siswa berdiskusi dengan kelompok untuk mengisi LKPD pada bagian 'Perbaikan Desain'
		Siswa dibimbing oleh guru untuk memperbaiki desain alat destilasi yang sudah dibuat sebelumnya.
4	Perbaikan Desain	Siswa mencantumkan perbedaan desain lama dan baru pada alat destilasi sederhana.
		Siswa secara berkelompok mempresentasikan hasil teknologi sederhana yang sudah dibuat di depan kelas.
		Siswa melakukan sesi tanya jawab dan diskusi.
	Akhir Pembelajaran	Siswa mengisi <i>posttest</i> mengenai aksi berkelanjutan.
		Siswa dibimbing untuk menentukan kesimpulan dan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan.
		Siswa mengumpulkan LKPD
Diluar Pembelajaran	Siswa bersama guru melakukan pengujian pH dan adanya kandungan etanol pada cairan bioetanol yang diperoleh setiap kelompoknya.	

3.5 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dijelaskan mengenai langkah-langkah atau prosedur penelitian mulai dari tahap awal persiapan, proses pengumpulan data, tahap mengolah data, analisis data, menginterpretasi, menguraikan pembahasan serta menentukan kesimpulan. Untuk mengetahui secara rinci mengenai prosedur penelitian berikut merupakan penjelasannya.

3.5.1 Persiapan Penelitian

Pada bagian tahap awal persiapan penelitian yaitu mencari informasi mengenai masalah lingkungan di sekitar sekolah terkait permasalahan sampah organik maupun anorganik akibat dari perilaku manusia yang tidak bertanggung jawab sebagai pemicu pencemaran lingkungan, selain itu dilakukan wawancara kepada siswa terkait kondisi tempat pembuangan sampah terdekat. Kemudian dilakukan studi literatur terkait permasalahan pola konsumsi dan produksi manusia, prinsip SDGs terkait *Responsible Consumption and Production* dan tujuan pembelajaran dalam ESD *Learning Goals*, pembelajaran proyek STEM-ESD, keterampilan rekayasa siswa, aksi berkelanjutan terintegrasi prinsip SDGs dan teknologi pengolahan limbah organik. Selanjutnya menganalisis materi pelajaran biologi kelas X di sekolah yang dapat disisipkan dengan pembelajaran proyek

STEM-ESD terhadap keterampilan rekayasa dan aksi siswa dengan merekayasa suatu teknologi sederhana untuk mengolah limbah organik menjadi produk yang ramah lingkungan dan disesuaikan dengan topik perubahan lingkungan. Setelah itu, peneliti membuat rumusan masalah dan pertanyaan penelitian.

Selanjutnya membuat instrumen penelitian pada variabel aksi siswa yang merujuk pada prinsip SDGs terkait *Responsible Consumption and Production* berupa pernyataan dalam kuesioner. Setelah dibuat pernyataan, kemudian diberi masukan dan saran oleh dosen pembimbing untuk direvisi. Pernyataan yang sudah direvisi kemudian di *review* oleh teman sebaya. Pernyataan yang sudah direvisi dilakukan uji coba instrumen aksi pada siswa kelas XI sebanyak 77 orang siswa yang sudah mempelajari materi perubahan lingkungan, dimana hasil data yang diperoleh akan dilakukan pengujian validitas dan reliabilitas. Setelah mendapatkan data hasil uji coba pernyataan instrumen aksi, selanjutnya dilakukan pengolahan data.

Sebelum membuat kisi-kisi indikator dan rubrik penilaian keterampilan rekayasa, dilakukan percobaan untuk mengoptimasi alat destilasi bioetanol terlebih dahulu di Laboratorium. Namun sebelumnya, sudah membuat dan menyiapkan substrat fermentasi dari limbah organik yang akan dijadikan bioetanol yang merujuk pada penelitian sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk memastikan peluang keberhasilan siswa dalam membuat alat destilasi sederhana dan substrat fermentasi yang berasal dari limbah organik. Setelah itu, dilakukan pembuatan alat destilasi sederhana yang berasal dari barang bekas, hal ini bertujuan agar dapat menganalisis kekurangan antar komponen, fungsionalitas dan keterjangkauan dalam mencari bahan dan alat yang dibutuhkan.

Instrumen yang disiapkan selanjutnya adalah kisi-kisi indikator dan rubrik penilaian keterampilan rekayasa yang diadaptasi dan dimodifikasi dari penelitian Jin, (2015). Selanjutnya instrumen keterampilan rekayasa tersebut diberi masukan dan saran oleh dosen pembimbing, agar kisi-kisi indikator dan rubrik penilaian keterampilan rekayasa dibuat secara detail sesuai dengan rancangan alat yang akan

dibuat oleh siswa untuk memudahkan dalam menilai. Selanjutnya melakukan revisi pada kisi-kisi indikator dan rubrik penilaian keterampilan rekayasa yang disesuaikan dengan rancangan alat destilasi sederhana. Sebelumnya sudah melakukan studi literatur terkait rancangan alat destilasi yang digunakan untuk mendestilasi limbah organik menjadi bioetanol.

Setelah menyusun instrumen keterampilan rekayasa dan aksi siswa, dilanjutkan menyusun dan menyiapkan perangkat pembelajaran seperti modul ajar, Lembar Kerja Siswa (LKPD), lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran aktivitas guru dan siswa serta pertanyaan wawancara. Perangkat pembelajaran seperti modul ajar diberi masukan dan saran oleh dosen pembimbing. Untuk Lembar Kerja Siswa (LKPD) setelah dibuat, selanjutnya diperiksa oleh dosen dan disarankan untuk diuji coba atau di *review* keterbacaannya oleh siswa yang sudah mempelajari materi perubahan lingkungan. Sedangkan untuk lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran aktivitas guru dan siswa disiapkan sesuai dengan tahapan pembelajaran proyek STEM. Selanjutnya menentukan objek penelitian yaitu di salah satu sekolah menengah atas di kota Bandung. Setelah itu, membuat surat izin untuk penelitian dan mendatangi sekolah tersebut sekaligus melakukan observasi secara langsung. Selanjutnya menemui guru Biologi terkait pertimbangan kelas yang akan digunakan, tujuan pembelajaran dalam materi Biologi dan waktu penelitian. Setelah semua siap dan diizinkan, membuat poin-poin materi yang akan digunakan untuk penelitian dalam bentuk *PowerPoint*.

3.5.2 Pengumpulan Data

Pada bagian ini merupakan proses dalam pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan rentang waktu selama empat minggu dengan penerapan pembelajaran proyek STEM-ESD. Pertemuan pertama sebelum pembelajaran dimulai, seluruh siswa diberikan *pretest* berupa kuesioner aksi siswa terkait SDGs *Responsible Consumption and Production*. *Pretest* yang dibagikan berbentuk selembaran kertas yang berisikan pernyataan pada setiap indikatornya. Setelah *pretest* dilakukan maka seluruh siswa mengikuti sesuai dengan tahapan pembelajaran proyek STEM-ESD

(Widodo, 2021a). Materi yang digunakan yaitu perubahan lingkungan dengan sub topik teknologi pengolahan limbah organik sebagai solusi mengatasi permasalahan lingkungan yang akan diajarkan kepada siswa. Ketika pembelajaran telah selesai di pertemuan terakhir, dilakukan *posttest* mengenai aksi siswa berupa kuesioner. Untuk mengetahui tahapan kegiatan pembelajaran yang dilakukan berikut disajikan Tabel 3.13. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.2

Tabel 3.13 Tahapan Kegiatan Pembelajaran Proyek STEM-ESD

Deskripsi Kegiatan Pembelajaran		
Pertemuan	Tahapan STEM	Kegiatan Siswa
1	Sebelum Pembelajaran Dimulai	Siswa diberikan <i>pretest</i> mengenai aksi terkait SDGs <i>Responsible Consumption and Production</i> .
1	Perumusan Masalah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siswa diberikan stimulus berupa video dan contoh kasus terkait topik permasalahan kontekstual mengenai limbah organik. 2. Siswa diberikan motivasi terkait pentingnya kesadaran tentang pentingnya aksi berkelanjutan dan dihubungkan dengan teknologi pengolahan limbah organik. 3. Siswa diarahkan untuk mengidentifikasi dampak dan penyebab limbah organik sebagai pemicu masalah pencemaran lingkungan. 4. Siswa dibagi menjadi 6 kelompok dan diberikan LKPD. 5. Siswa diarahkan untuk berdiskusi dan mengisi bagian 'perumusan masalah' yang ada pada LKPD. 6. Siswa dibimbing untuk melakukan observasi permasalahan limbah organik di lingkungan sekitar. 7. Siswa diarahkan untuk mengobservasi secara langsung ke lingkungan sekitar dan melakukan wawancara dan studi literatur terkait permasalahan limbah organik akibat perilaku manusia yang tidak bertanggung jawab. 8. Siswa dibimbing untuk menentukan kesimpulan dan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan.
2	Pikir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siswa dibimbing untuk menganalisis permasalahan lingkungan terkait SDGs <i>Responsible Consumption and Production</i>. 2. Siswa diarahkan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kekurangan dari teknologi pengolahan limbah organik yaitu alat destilasi untuk bioetanol yang sudah ada sebelumnya. 3. Siswa memikirkan solusi dan membuat ide terkait rancangan bentuk teknologi sebagai solusi alternatif mengatasi masalah pada limbah organik yang terbuang begitu saja dengan memperhatikan aspek ekonomi, sosial dan lingkungan. 4. Siswa diarahkan secara berkelompok untuk berdiskusi dan mengisi bagian 'pikir' yang ada pada LKPD.

Deskripsi Kegiatan Pembelajaran		
Pertemuan	Tahapan STEM	Kegiatan Siswa
		5. Siswa dibimbing untuk menentukan kesimpulan dan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan.
2	Desain	<ol style="list-style-type: none"> Siswa diarahkan berdiskusi dengan kelompoknya untuk mengisi pada bagian 'Desain' yang ada pada LKPD. Siswa diarahkan untuk membuat desain rancangan alat destilasi. Siswa dibimbing untuk mempersiapkan alat dan bahan prinsip, biaya dan cara kerja dalam pembuatan alat destilasi serta menyiapkan substrat fermentasi yang berasal dari limbah organik. Siswa dibimbing untuk menentukan kesimpulan dan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan.
Diluar Jam Pelajaran	Desain	1. Siswa diarahkan untuk mencari sumber referensi melalui internet terkait teknologi pengolahan limbah organik untuk bioetanol dan mengumpulkan alat dan bahan yang diperlukan.
Diluar Jam Pelajaran	Desain	2. Siswa berkonsultasi secara <i>online</i> dengan guru terkait desain rancangan alat destilasi sederhana yang diusulkan.
3	Buat	<ol style="list-style-type: none"> Siswa diarahkan berdiskusi dengan kelompoknya untuk mengisi LKPD pada bagian 'Buat'. Siswa diarahkan membuat teknologi sederhana dari alat dan bahan yang sudah dibawa sesuai dengan rancangan desain sebelumnya. Siswa dibimbing dan diperiksa pekerjaan setiap kelompok terkait progres teknologi sederhana yang dibuat. Siswa dibimbing untuk menentukan kesimpulan dan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan.
Diluar Jam Pembelajaran	Uji	<ol style="list-style-type: none"> Siswa diarahkan untuk menguji coba alat destilasi yang sudah dibuat. Siswa diarahkan untuk menganalisis kekurangan serta kelebihan dari alat destilasi tersebut. Siswa diarahkan untuk melakukan perbaikan desain rancangan berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya agar teknologi yang dibuat lebih efisien. Siswa diarahkan untuk mengerjakan dan mengisi LKPD pada bagian tahapan "uji coba" berdasarkan hasil uji coba alat.
4	Perbaikan Desain	<ol style="list-style-type: none"> Siswa diarahkan untuk mengerjakan dan mengisi LKPD pada bagian tahapan 'perbaikan desain'. Siswa diarahkan untuk setiap kelompok mempresentasikan hasil teknologi sederhana yang sudah dibuat di depan kelas. Siswa diarahkan untuk setiap kelompoknya melakukan sesi tanya jawab dan diskusi. Siswa diarahkan untuk menyimpulkan dan memaknai hasil proses pembuatan proyek pembelajaran STEM-ESD yang sudah dilaksanakan.
Di akhir Pembelajaran		1. Siswa diberikan <i>posttest</i> mengenai aksi berkelanjutan terkait SDGs <i>Responsible Consumption and Production</i> .

Eva Sulistiyanti, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA

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

Deskripsi Kegiatan Pembelajaran		
Pertemuan	Tahapan STEM	Kegiatan Siswa
		2. Siswa diarahkan untuk mengumpulkan LKPD. 3. Produk keterampilan rekayasa dinilai berdasarkan rubrik.

3.5.3 Mengolah dan Analisis Data

Pada bagian ini, dalam mengolah data dan menganalisis data penelitian dilakukan tahapan uji analisis deskriptif dengan menggunakan *excel* dan memakai hasil uji *N-Gain*. Berikut merupakan penjabaran mengenai analisis data yang dilakukan pada sub judul di bawah ini.

3.5.4 Interpretasi, Pembahasan dan Kesimpulan

Bagian ini dalam pembahasan dijelaskan berdasarkan interpretasi hasil data penelitian yang didapatkan. Interpretasi ini selanjutnya dibahas berdasarkan temuan dan studi literatur pada penelitian terdahulu. Hasil temuan dapat berupa teori, konsep dan hasil penelitian yang dilakukan. Setelah dibahas secara rinci pada bagian pembahasan, selanjutnya menentukan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan serta implikasi dan rekomendasi penelitian yang berikutnya.

3.6 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan data penelitian kuantitatif. Teknik pengolahan data keterampilan rekayasa berasal dari hasil jawaban LKPD siswa terkait perancangan dan produk hasil akhir teknologi sederhana, kemudian dinilai berdasarkan rubrik penilaian keterampilan rekayasa dalam pembelajaran proyek STEM-ESD. Kemudian disajikan dalam bentuk grafik dan dianalisis secara deskriptif. Sedangkan variabel aksi siswa dianalisis menggunakan uji analisis deskriptif dan uji *N-Gain* yang diperoleh dari hasil data *pretest* yang diberikan sebelum pembelajaran dan *posttest* yang diberikan sesudah selesai pembelajaran. *Pretest* dan *posttest* berupa kuesioner ini menggunakan skala likert 1-4 untuk menilainya. Ketika hasil data *pretest* dan *posttest* terkumpul, kemudian tabulasi

skor dimasukkan ke dalam *Microsoft Excel* dan dihitung jumlah skor, rata-rata skor dan nilai setiap individunya untuk dianalisis bagaimana peningkatan dalam setiap tindakan masa dan capaian kompetensi. Hasil uji analisis deskriptif ini diantaranya nilai skor tertinggi dan nilai skor terendah, rata-rata skor, standar deviasi serta total skor maksimal dan minimal. Nilai keseluruhan dimensi tindakan masa dan capaian kompetensi pada aksi siswa dianalisis juga berdasarkan pola perubahan aksi siswa dari nilai *posttest* yang disajikan dalam bentuk diagram lingkaran, selanjutnya uji analisis *N-Gain* menggunakan IBM SPSS versi 26 untuk dianalisis berdasarkan kategorisasi siswa setiap individunya dari nilai skor *N-Gain* yang didapat pada tindakan masa lalu, masa sekarang masa depan dan capaian kompetensi. Berikut merupakan uraian tahapan analisis data pada variabel keterampilan rekayasa dan aksi siswa.

3.6.1 Analisis Data Keterampilan Rekayasa

Pada bagian ini, data keterampilan rekayasa dianalisis berdasarkan proses siswa selama mengikuti pembelajaran proyek STEM-ESD dengan membuat teknologi sederhana berupa alat destilasi pembuat bioetanol dan hasil jawaban LKPD siswa secara berkelompok. Penilaian keterampilan rekayasa selama proses pembelajaran proyek STEM-ESD dengan membuat teknologi sederhana berupa alat destilasi pembuat bioetanol dan hasil jawaban LKPD siswa dinilai dengan menggunakan rubrik penilaian berskala Likert-4 poin berdasarkan *performance-based Evaluation Rubric* (PBER) yang diadaptasi dan dimodifikasi dari penelitian Jin (2015), selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.1 selanjutnya hasil data penilaian keterampilan rekayasa berdasarkan jawaban LKPD yang diisi oleh kelompok, kemudian dijabarkan menjadi tabulasi skor yang tercantum dalam Lampiran C.2 secara keseluruhan berdasarkan fase dan indikator pada setiap kriteria kinerja yang ada. Selanjutnya tabulasi skor tersebut, dijumlahkan sehingga mendapatkan total skor dan nilai rata-rata per kelompok pada setiap indikator dalam kriteria kinerja dan menjadi nilai persentase sesuai rata-rata keseluruhan. Hasil data penilaian keterampilan rekayasa disajikan dalam bentuk tabel dan grafik batang,

kemudian diinterpretasikan sesuai dengan hasil yang diperoleh lalu diuraikan secara deskriptif dan didukung oleh sumber literatur lainnya. Lebih lengkapnya, langkah pertama pada Lampiran B.1 rubrik penilaian keterampilan rekayasa dihitung sesuai dengan hasil yang diperoleh menggunakan rumus dan dikonversi menjadi nilai 100, sebagai berikut:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Total Skor Jawaban}}{\text{Total Skor Maksimum}} \times 100$$

Selanjutnya nilai yang diperoleh secara keseluruhan maupun nilai kelompok pada setiap fase, diinterpretasikan ke dalam kategori penilaian berdasarkan kriteria kinerja yang terpenuhi, merujuk pada penelitian yang diadaptasi dan dimodifikasi dari Jin (2015), disajikan pada Tabel 3.14 berikut ini:

Tabel 3.14 Kategori Penilaian Keterampilan Rekayasa Berdasarkan Kriteria Kinerja yang Terpenuhi

Nilai	Kategori
0-25	'Kurang' (<i>a low level</i>)
26-50	'Cukup' (<i>a marginal level</i>)
51-75	'Baik' (<i>a satisfying level</i>)
76-100	'Sangat Baik' (<i>a high level</i>)

Diadaptasi dan dimodifikasi dari Jin (2015)

Keterangan:

(*a low level*) : Siswa tidak mampu memenuhi sebagian besar kriteria kinerja pada setiap fase maupun indikator keterampilan rekayasa.

(*a marginal level*) : Siswa mampu memenuhi sebagian kriteria kinerja pada setiap fase maupun indikator keterampilan rekayasa.

(*a satisfying level*) : Siswa mampu memenuhi kriteria kinerja pada setiap fase maupun indikator keterampilan rekayasa.

(*a high level*) : Siswa mampu memenuhi dan melampaui seluruh kriteria kinerja pada setiap fase maupun indikator keterampilan rekayasa.

Selain itu nilai keterampilan rekayasa secara keseluruhan dan setiap fasenya diinterpretasikan ke dalam kategori penilaian berdasarkan tingkatan atau level keterampilan rekayasa yang dimodifikasi dari penelitian Crismond dan Adams (2012) yang disajikan pada Tabel 3.15 berikut ini:

Eva Sulistiyanti, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK
MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA

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

Tabel 3.15 Kategori Penilaian Keterampilan Rekayasa Siswa Berdasarkan Level atau Tingkatannya

Nilai	Level
0-25	Pemula (<i>Beginning designer</i>)
26-50	Tumbuh (<i>Emerged designer</i>)
51-75	Berkembang (<i>Developing designer</i>)
76-100	Tingkat Lanjut (<i>Advanced designer</i>)

Diadaptasi dan dimodifikasi dari Crismond & Adams (2012)

Selanjutnya berdasarkan fungsionalitas teknologi sederhana berupa alat destilasi yang dibuat oleh setiap kelompoknya, maka hasil produk yang didapatkan berupa cairan bioetanol dianalisis berdasarkan data kuantitatif dan kualitatif yaitu diukur jumlah cairan yang didapatkan, ditentukan nilai pH menggunakan pH universal serta menguji kualitatif etanol dengan menambahkan larutan KMnO_4 (kalium permanganat) dan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (kalium dikromat) untuk mengidentifikasi adanya etanol atau tidak. Kemudian hasil produk cairan bioetanol tersebut diuraikan dalam bentuk tabel, selanjutnya dianalisis berdasarkan temuan dan penelitian terdahulu.

3.6.2 Analisis Data Aksi Siswa

Data aksi siswa pada pembelajaran proyek STEM-ESD diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest*, jumlah pernyataan pada tindakan masa lalu, masa sekarang dan masa depan sebanyak 23 pernyataan yang bermuatan positif. Sedangkan pada dimensi capaian kompetensi terdapat 19 pernyataan bermuatan positif dan negatif. Maka jumlah keseluruhan pernyataan terdapat 42 butir dengan nilai total tertinggi yaitu 352. Penilaian aksi siswa dengan skala likert-4 poin berdasarkan *Environmental Citizenship Questionnaire (ECQ)*. Hasil *pretest* dan *posttest* kemudian dijabarkan dalam tabel tabulasi skor menggunakan *Microsoft Excel* yang dapat dilihat pada Lampiran C.3 selanjutnya data hasil aksi tersebut dianalisis secara kuantitatif yaitu dihitung skor terendah, skor tertinggi, standar deviasi, skor yang didapat, pola perubahan aksi, rata-rata skor yang disajikan dalam bentuk grafik batang untuk melihat peningkatan nilai *pretest* dan *posttest* aksi siswa.

Setelah itu, data hasil skor aksi secara keseluruhan berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan uji *N-Gain* pada setiap tindakan masa dan capaian kompetensi untuk melihat peningkatan. Kemudian dilanjutkan dengan mengkategorisasi siswa pada setiap individunya berdasarkan hasil uji *N-Gain score*. Selanjutnya diinterpretasikan dan diuraikan dengan pembahasan, kemudian dianalisis dan didukung oleh beberapa penelitian sebelumnya. Hasil data aksi disajikan dalam bentuk tabel, grafik batang dan diagram lingkaran. Berdasarkan hasil data *posttest* aksi secara keseluruhan dianalisis dengan melihat pola perubahan nilai aksi siswa setiap individu yang dibandingkan dengan dimensi tindakan masa lalu, masa sekarang dan masa depan. Selanjutnya rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* aksi siswa pada setiap dimensi tindakan, disajikan dalam bentuk grafik batang untuk mengetahui peningkatan pada hasil data tersebut. Untuk mengetahui kategorisasi siswa setiap individunya terkait hasil nilai *pretest* dan *posttest* berdasarkan nilai skor *N-Gain* dengan menggunakan IBM SPSS versi 26, yang disajikan dalam bentuk diagram lingkaran untuk melihat persentase dan jumlah siswa berdasarkan kategorisasi pada setiap dimensi tindakan masa lalu, masa sekarang, masa depan dan capaian kompetensi.

1. Uji *N-Gain*

Uji *N-Gain* ini dilakukan untuk mengetahui peningkatan dengan melihat perubahan skor aksi siswa antara *pretest* dan *posttest*. Selain itu, pengujian ini juga dapat dilakukan untuk mengetahui kategorisasi siswa berdasarkan skor atau nilai mulai dari tingkatan rendah, sedang dan tinggi pada aksi siswa setiap tindakan masa serta capaian kompetensi. Nilai skor yang digunakan yaitu rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* pada setiap dimensi tindakan masa dan capaian kompetensi. Untuk menentukan nilai skor *N-Gain* menggunakan IBM SPSS versi 26, dengan menghitung nilai *posttest* dikurangi nilai *pretest* dibagi seratus (nilai ideal) dikurangi nilai *pretest*. Dalam memaknai nilai skor *N-Gain* dapat berdasarkan nilai *N-Gain* dalam bentuk skor atau persen. Kemudian disajikan dalam tabel dan

diagram lingkaran setiap dimensi aksi. Interpretasi nilai *N-Gain* dapat ditentukan dari kategori penafsiran berdasarkan skor yang didapat pada setiap individu siswa dan pembelajaran yang dilakukan. Pembagian skor tersebut dapat ditentukan menurut Melzer dalam Syahfitri, (2008:33) yaitu nilai *N-Gain* $>0,7$ mendapatkan kategori tinggi, untuk $0,3 \leq \text{nilai } N\text{-Gain} \leq 0,7$ mendapatkan kategori sedang, sedangkan nilai *N-Gain* $< 0,3$ mendapatkan kategori rendah. Berikut merupakan kategori *N-Gain* berdasarkan skor dan nilai yang diperoleh:

Skor setiap individu dikategorikan berdasarkan *N-Gain* skor dan nilai atau persentase pada setiap tindakan masa dikategorikan berdasarkan nilai persen, yang disajikan pada Tabel 3.16 dan Tabel 3.17 berikut ini:

Tabel 3.16 Kategori Skor *N-Gain*

Skor <i>N-Gain</i>	Kategori
$N\text{-Gain} > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq N\text{-Gain} \leq 0,7$	Sedang
$N\text{-Gain} < 0,3$	Rendah

(Melzer dalam Syahfitri, 2008:33)

3.7 Prosedur Penelitian

Untuk mengetahui tahapan penelitian dari mulai persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian sampai dengan pasca penelitian. Berikut merupakan prosedur penelitian yang telah dilaksanakan yang disajikan pada Tabel 3.17

Tabel 3.17 Prosedur Penelitian

No	Persiapan Pelaksanaan	Pelaksanaan Penelitian	Pasca-Penelitian
1	Dilakukan studi literatur mengenai permasalahan limbah organik, pembelajaran proyek STEM-ESD, aksi siswa, keterampilan rekayasa dan teknologi pengolahan limbah organik.	<i>Pretest</i> aksi diberikan pada saat sebelum pembelajaran dimulai.	Penilaian produk hasil akhir teknologi sederhana keterampilan rekayasa dan LKPD.
2	Tujuan pembelajaran dianalisis dalam materi Biologi yaitu perubahan	Proyek pembelajaran STEM-ESD dilaksanakan.	Penilaian aksi siswa berdasarkan jawaban kuesioner siswa.

Eva Sulistiyanti, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA

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

No	Persiapan Pelaksanaan	Pelaksanaan Penelitian	Pasca-Penelitian
	lingkungan pada sub topik upaya mengatasi permasalahan lingkungan dengan teknologi pengolahan limbah organik.		
3	Merumuskan masalah dan pertanyaan penelitian	Lembar Kerja Siswa diberikan pada setiap kelompok.	Data keterampilan rekayasa diolah secara kualitatif berdasarkan hasil penelitian.
4	Membuat kisi-kisi instrumen dan kuesioner aksi siswa berupa pernyataan pada setiap dimensinya.	Siswa mengikuti pembelajaran proyek STEM-ESD sesuai dengan tahapannya.	Data aksi siswa diolah berdasarkan hasil penelitian.
5	Membuat kisi-kisi instrumen keterampilan rekayasa dan rubrik penilaiannya yang disesuaikan dengan detail rancangan alat.	Pertemuan pertama siswa mengikuti pembelajaran pada tahap 'perumusan masalah'	Analisis data keterampilan rekayasa dan aksi siswa berdasarkan temuan serta studi literatur.
6	Membuat perangkat pembelajaran seperti LKPD, Modul Ajar, pertanyaan wawancara dan Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran pada Aktivitas Guru dan Siswa.	Pertemuan kedua siswa mengikuti pembelajaran pada tahap 'Pikir & Desain'	Menentukan kesimpulan berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan.
7	Pengujian instrumen penelitian oleh dosen pemnimbing, kemudian direvisi	Pertemuan ketiga siswa mengikuti pembelajaran pada tahap 'Buat & Uji'	
8.	Uji coba instrumen penelitian aksi dan LKPD.	Pertemuan keempat siswa mengikuti pembelajaran pada tahap 'Perbaikan Desain'.	
9.	Menyiapkan substrat fermentasi dari limbah organik sebelum didestilasi.	Pertemuan terakhir siswa melakukan presentasi.	
10.	Mengoptimasi alat destilasi untuk bioetanol terlebih dahulu di Laboratorium	<i>Posttest</i> aksi siswa diberikan setelah selesai pembelajaran.	
11.	Membuat materi bahan ajar untuk penelitian dalam bentuk power point.	Pengumpulan LKPD pada setiap kelompok.	

No	Persiapan Pelaksanaan	Pelaksanaan Penelitian	Pasca-Penelitian
12.	Membuat surat izin penelitian.	Melakukan wawancara pada setiap perwakilan kelompok.	
13.	Menentukan sampel untuk penelitian dan perizinan penelitian ke sekolah.		