

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode penelitian *pre-experimental*. Metode pra-eksperimental digunakan untuk mengetahui peningkatan dari subjek sebelum dengan sesudah penelitian. Penelitian ini dirancang untuk memberikan intervensi selama penelitian yaitu dengan menerapkan pembelajaran proyek pemanenan air hujan dengan teknologi elektrolisis berbasis STEM-ESD terkait *Clean Water and Sanitation* untuk melihat peningkatan keterampilan rekayasa dan aksi siswa. Metode ini tidak memiliki kelompok kontrol pada desain penelitiannya. Penelitian ini menggunakan desain *one-group pretest-posttest design*, dimana menggunakan satu kelompok sampel untuk melihat peningkatan hasil akibat pengaruh perlakuan berdasarkan hasil dari data awal (*pre-test*) dan data akhir (*post-test*) (Creswell, 2012). *Pre-test* sebagai data awal dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui tingkat aksi siswa sebelum perlakuan. Selanjutnya, perlakuan diberikan berupa penerapan pembelajaran proyek pemanenan air hujan dengan teknologi elektrolisis berbasis STEM-ESD dengan pendekatan *project based* pada topik materi pencemaran air. Setelah perlakuan selesai diberikan, akan dilakukan *post-test* sebagai data akhir untuk mendapatkan hasil akhir yang akan dibandingkan dengan *pre-test*. Berikut ini merupakan desain penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 3.1 Desain Penelitian

<i>Pre-test</i>	Perlakuan	<i>Post-test</i>
O_1	X	O_2

Keterangan

O_1 : Pengambilan data awal aksi sebelum pembelajaran (*pre-test*)

X : Penerapan model pembelajaran proyek pemanenan air hujan dengan teknologi elektrolisis berbasis STEM-ESD *Clean Water and Sanitation*

O_2 : Pengambilan data akhir akhir aksi setelah pembelajaran (*post-test*)

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini yaitu siswa kelas X di salah satu Sekolah Menengah Atas (SMA) di Kota Bandung pada materi Perubahan Lingkungan. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 69 siswa yang diambil dari total populasi sebanyak 392 siswa. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik *convenience sampling*, karena menggunakan kelas yang sudah tersedia di lapangan tanpa diacak.

3.3 Definisi Operasional

Berikut merupakan definisi operasional dari variabel penelitian :

1. Keterampilan Rekayasa

Keterampilan rekayasa yang dimaksud dalam penelitian ini adalah keterampilan siswa ketika mengembangkan berbagai solusi atau ide terkait permasalahan air dengan melakukan pemanenan air hujan sehingga bisa dimanfaatkan untuk aktivitas sehari-hari. Adapun tahapan pembelajaran untuk keterampilan rekayasa pada penelitian ini mengikuti Widodo, (2021) yaitu Pikir, Buat, Desain, dan Uji. Penilaian keterampilan rekayasa mengikuti rubrik evaluasi kinerja yang dikemukakan oleh Jin *et al.*, (2015) yang terbagi menjadi 4 fase yaitu fase masalah, solusi, implementasi dan manajemen proses. Indikator yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengenalan masalah, pendefinisian masalah, pembuatan ide, pemilihan solusi optimal, penyempurnaan solusi, pelaporan dan presentasi solusi, serta pelaksanaan proses desain dengan masing-masing indikator dinilai menggunakan 4 skala.

2. Aksi Siswa

Aksi siswa pada penelitian ini merujuk pada keinginan siswa dalam berpartisipasi untuk melakukan tindakan yang menunjukkan kepedulian terhadap kebersihan dan sanitasi air untuk mencapai poin SDGs *Clean Water and Sanitation*. Penilaian aksi *Clean Water and Sanitation* diukur sebelum dan setelah melakukan pembelajaran berlangsung. Penilaian aksi *Clean Water and Sanitation* berdasarkan kuesioner yang diadopsi dari penelitian sebelumnya yang telah mencakup topik

ESD *Learning Goals* yang ditetapkan oleh UNESCO, (2017). Penilaian aksi siswa diukur dengan menggunakan kuesioner non-tes dengan skala likert 4 poin. Kuesioner tersebut merupakan hasil adaptasi dan pengembangan yang dilakukan oleh Hadjichambis & Paraskeva-Hadjichambi (2020). Penilaian aksi siswa menggunakan 3 indikator meliputi tindakan masa lalu dan masa sekarang, tindakan masa depan dan capaian kompetensi.

3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pembelajaran proyek pemanenan air hujan dengan teknologi elektrolisis berbasis STEM-ESD adalah instrumen keterampilan rekayasa dan aksi siswa. Instrumen aksi yang digunakan dalam penelitian ini dikembangkan oleh Hadjichambis & Paraskeva-Hadjichambi (2020). Sedangkan instrumen keterampilan rekayasa yang digunakan dalam penelitian ini diadaptasi dari pengembangan indikator oleh Jin (2015). Adapun instrumen penelitian yang akan digunakan dalam penelitian sebagai berikut.

Tabel 3.2 Instrumen Penelitian

No.	Data	Jenis Instrumen	Bentuk Instrumen	Sumber Data	Keterangan
1.	Keterampilan Rekayasa	Non-tes	Rubrik Penilaian	Siswa	Instrumen keterampilan rekayasa diadaptasi dan dikembangkan dari penelitian yang dilakukan oleh Jin (2015).
2.	Aksi Siswa	Non-tes	Kuesioner	Siswa	Instrumen aksi diadaptasi dan dikembangkan dari penelitian yang dilakukan oleh Hadjichambis & Paraskeva-Hadjichambi (2020) yaitu <i>Environmental Citizenship Questionnaire (EQO)</i>

3.4.1 Rubrik Instrumen Keterampilan Rekayasa

Instrumen keterampilan rekayasa yang digunakan dalam penelitian ini adalah rubrik evaluasi berbasis kinerja (*Performance-Based Evaluation Rubric/PBER*) yang diadopsi dari indikator yang dikembangkan oleh Jin *et al.*, (2015). Rubrik evaluasi berbasis kinerja dibuat berdasarkan empat fase keterampilan rekayasa yaitu, 1) Perumusan Masalah, 2) Solusi, 3) Implementasi, dan 4) Manajemen Proses. Instrumen yang diadaptasi kemudian dimodifikasi dengan disesuaikan pada kebutuhan penelitian. Setiap fase keterampilan rekayasa diuraikan lebih rinci menjadi beberapa indikator. Setiap indikator memiliki kriteria kinerja yang dinilai dengan skala satu sampai empat yaitu skala poin 4 merupakan nilai tertinggi, dan skala poin 1 merupakan nilai terendah. Adapun kisi-kisi instrumen keterampilan rekayasa siswa disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kisi-Kisi Instrumen Penilaian Keterampilan Rekayasa

No.	Fase	Kriteria Kinerja	Deskripsi Kriteria Kinerja	
1	Masalah	Pengenalan Masalah	Mengidentifikasi permasalahan mengenai kelangkaan dan ketersediaan air di masa depan, memahami dan mengeksplorasi solusi yang ada untuk mengatasi masalah tersebut	
		Pendefinisian Masalah	Menganalisis dampak yang muncul akibat masalah kelangkaan dan ketersediaan air bersih dan merumuskan rencana penanggulangan berupa teknologi untuk mengatasi permasalahan tersebut	
2	Solusi	Pembuatan Ide	Pembuatan ide untuk beberapa kemungkinan solusi terhadap masalah desain dengan mempertimbangkan ukuran, bentuk, bahan, desain, cara kerja, dan RAB yang diperlukan dalam merancang ide pembuatan teknologi elektrolisis air hujan	
			Detail Rancangan Alat	Indikator
			Ukuran: Siswa menentukan komponen alat elektrolisis air seperti ukuran penampung/bejana, elektroda, kabel, dan watt baterai.	Dimensi ukuran bejana elektrolisis sesuai untuk menampung volume air hujan sehingga mudah untuk digunakan. Komponen cukup menampung dan menyalurkan air serta memisahkan pH air hujan.
			Bentuk: Siswa dapat membuat bentuk alat yang memudahkan aliran air dan pemasangan elektroda	Bentuk alat harus mendukung sirkulasi air dan gas dengan baik, dan mempermudah perawatan
		Bahan: Siswa dapat menggunakan bahan yang	Bahan yang digunakan harus tahan korosi dan	

No.	Fase	Kriteria Kinerja	Deskripsi Kriteria Kinerja	
			ramah lingkungan dan mudah didapat	reaksi elektrolisis, aman untuk siswa, mudah diperoleh, dan tahan lama
			Desain: Siswa dapat merancang sistem untuk menampung dan menyaring air hujan dengan efisiensi tinggi, serta dapat terintegrasi dengan lingkungan	Desain alat harus inovatif dan mempertimbangkan kemudahan perawatan, efisiensi penampungan air, serta desainnya ergonomis
			Cara Kerja : Siswa memahami proses elektrolisis dan menerapkan pemasangan sistem dengan benar.	Alat harus dapat memecah air hujan menjadi gas H ₂ dan O ₂ saat dialiri arus listrik, sehingga pH air hujan mengalami perbedaan
			RAB : Siswa dapat mempertimbangkan rencana anggaran biaya dalam persiapan bahan, pengolahan bahan, perancangan bahan, sampai uji coba alat.	Biaya harus mencakup semua komponen yang dibutuhkan dan efisiensi anggaran dengan menggunakan barang daur ulang
			Efisiensi : Menggunakan arus DC langsung untuk meminimalkan kehilangan energi, dan desain ringkas mengurangi limbah bahan.	Proses elektrolisis berlangsung efisien dengan energi rendah, hasil perubahan pH signifikan. Efisiensi juga mencakup daya tahan dan kemudahan pemeliharaan sistem.
			Keuntungan (Ekonomi) : Menghemat air bersih dengan memanfaatkan air hujan dan menghasilkan air bersih yang dapat mengurangi biaya konsumsi air bersih	Memiliki biaya produksi yang sebanding dengan manfaatnya, dapat mengurangi biaya konsumsi air bersih, serta berpotensi menghasilkan keuntungan melalui pemanfaatan kembali air hujan dalam skala rumah tangga
			Manfaat Lingkungan : Pengurangan eksploitasi sumber daya air tanah dan dampak ekologis.	Mampu mengurangi ketergantungan pada sumber air tanah, membantu konservasi lingkungan dengan mengurangi risiko banjir dan erosi, serta meningkatkan ketersediaan air di daerah yang rawan kekeringan. Material yang

No.	Fase	Kriteria Kinerja	Deskripsi Kriteria Kinerja
			digunakan juga harus ramah lingkungan dan dapat didaur ulang.
		Pemilihan solusi optimal	Pemilihan solusi yang optimal dengan mempertimbangkan nilai kegunaan dan originalitas
3	Implementasi	Peningkatan solusi	Dalam membuat suatu desain, siswa menggunakan idenya berdasarkan solusi terbaik yang telah dipilihnya. Desain tersebut seperti gambar prototipe yang akan mereka buat ini menunjukkan kemampuan mereka dalam merencanakan dan mewujudkan ide menjadi desain yang jelas dan praktis. Desain tersebut juga diwujudkan idenya menjadi produk nyata dan dapat diuji dengan membangun prototipe berbasis teknologi yang selaras dengan desain awal mereka. Uji coba diperlukan setelah siswa membuat prototipe nya untuk memeriksa apakah dapat berfungsi dan memenuhi kebutuhan serta keterbatasan desain. Dari langkah ini, mereka akan meningkatkan solusinya.
		Presentasi dan pelaporan	Dalam presentasi, para siswa berbagi ide dan menerima umpan balik yang konstruktif serta meningkatkan keterampilan komunikasi dan presentasi mereka
4	Manajemen proses	Desain manajemen proses	Langkah ini mengevaluasi seberapa baik siswa bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan prototipe dan pelaporan tepat waktu. Ini menyoroti kemampuan mereka untuk mengelola proses desain secara efektif dan memenuhi tenggat waktu yang siswa buat.

Berdasarkan pada kisi-kisi instrumen penilaian keterampilan rekayasa, maka dapat dirumuskan rubrik penilaian untuk mengukur keterampilan rekayasa disajikan dalam Tabel 3.4 dan secara menyeluruh pada Lampiran 3.

Tabel 3.4 Rubrik Penilaian Keterampilan Rekayasa

Indikator	Kriteria Kinerja	Deskripsi	Nilai			
			1	2	3	4
Pengenalan Masalah	Siswa mampu mengidentifikasi permasalahan kelangkaan dan ketersediaan air yang terjadi di lingkungan sekitar.	Mengidentifikasi permasalahan mengenai kelangkaan dan ketersediaan air di masa depan, memahami dan mengeksplorasi solusi	Siswa mengidentifikasi masalah berdasarkan apa yang mereka ketahui dan pahami tanpa mencantumkan	Siswa mengidentifikasi masalah melalui studi literatur atau observasi langsung tetapi permasalahan yang disajikan	Siswa mengidentifikasi masalah melalui studi literatur atau observasi langsung serta permasalahan yang disajikan	Siswa mengidentifikasi masalah melalui studi literatur dan observasi langsung serta permasalahan yang disajikan spesifik

Indikator	Kriteria Kinerja	Deskripsi	Nilai			
			1	2	3	4
		yang ada untuk mengatasi masalah tersebut	mkan sumber	tidak dilengkapi dengan dokumentasi	dilengkapi dengan dokumentasi	dilengkapi dengan dokumentasi
Pendefinisian Masalah	Siswa mampu menganalisis dampak yang muncul akibat masalah kelangkaan dan ketersediaan air bersih	Menganalisis dampak-dampak yang muncul akibat masalah kelangkaan dan ketersediaan air bersih	Siswa mampu menyebutkan 1 dampak	Siswa mampu menyebutkan 2 dampak	Siswa mampu menyebutkan 3 dampak	Siswa mampu menyebutkan 4 dampak
	Siswa mampu merumuskan rencana penanggulangan berupa teknologi untuk mengatasi permasalahan kelangkaan dan ketersediaan air	Perumusan rencana penanggulangan berupa teknologi untuk mengatasi permasalahan kelangkaan dan ketersediaan air	Siswa mampu merumuskan solusi namun bukan berupa teknologi	Siswa mampu merumuskan solusi namun tidak mempertimbangkan aspek realistis dan tidak menjawab permasalahan kelangkaan dan ketersediaannya air	Siswa mampu merumuskan solusi dengan mempertimbangkan aspek realistis atau dapat menjawab permasalahan kelangkaan dan ketersediaannya air	Siswa mampu merumuskan solusi dengan mempertimbangkan aspek realistis dan dapat menjawab permasalahan kelangkaan dan ketersediaannya air
	Siswa mampu menganalisis kekurangan alat yang sudah ada untuk mengatasi permasalahan kelangkaan dan ketersediaan air serta	Menganalisis kekurangan dan memberikan solusi untuk memperbaiki kekurangan tersebut	Siswa hanya menemukan kekurangan tetapi tidak bisa memberikan solusi dari alat yang sudah ada	Siswa menemukan kekurangan dan memberikan solusi yang tidak realistis dan tidak menjawab permasalahan kelangkaan dan ketersediaannya air	Siswa menemukan kekurangan dan memberikan solusi yang realistis tetapi tidak menjawab permasalahan kelangkaan dan ketersediaannya air	Siswa menemukan kekurangan dan memberikan solusi yang realistis dan menjawab permasalahan kelangkaan dan ketersediaannya air

Indikator	Kriteria Kinerja	Deskripsi	Nilai			
			1	2	3	4
	mampu memberikan solusi untuk mengoptimalkan penggunaan alat tersebut					
Pembuatan Ide	Siswa dapat memikirkan pembuatan berbagai ide untuk kemungkinan solusi	Pembuatan ide untuk beberapa kemungkinan solusi terhadap masalah desain dengan mempertimbangkan ukuran, bentuk, bahan, desain, cara kerja, dan RAB yang diperlukan dalam merancang ide pembuatan teknologi pemanenan air hujan	Ukuran alat elektroda sangat tidak sesuai dengan bejana yang digunakan	Ukuran alat elektroda kurang sesuai, masih perlu banyak penyesuaian dengan bejana/wadah yang digunakan	Ukuran alat elektroda cukup sesuai meskipun perlu sedikit penyesuaian dengan bejana/wadah yang digunakan	Ukuran alat elektroda sangat sesuai dengan bejana/wadah yang digunakan
			Bentuk alat tidak proporsional dan tidak mendukung fungsi memisahkan pH air hujan	Bentuk alat cukup proporsional, namun kurang mendukung fungsi memisahkan pH air hujan	Bentuk alat sesuai dengan prinsip dan cukup efisien mendukung fungsi memisahkan pH air hujan	Bentuk alat sesuai dengan prinsip dan efisien serta optimal mendukung fungsi memisahkan pH air hujan
			Bahan yang digunakan tidak tahan lama dan tidak ramah lingkungan	Bahan cukup tahan lama, tetapi kurang kuat dan kurang ramah lingkungan	Bahan cukup kuat, tahan lama, dan ramah lingkungan	Bahan sangat kuat, tahan lama, dan sangat mendukung keberlanjutan lingkungan
			Desain tidak terdapat rekayasa teknologi dalam memisahkan pH air hujan	Desain sudah terdapat rekayasa teknologi tetapi belum kreatif dalam memisahkan	Desain sudah terdapat rekayasa teknologi tetapi cukup kreatif dan inovatif dalam	Desain sudah terdapat rekayasa teknologi tetapi sudah kreatif dan sudah inovatif dalam

Indikator	Kriteria Kinerja	Deskripsi	Nilai			
			1	2	3	4
				n pH air hujan	memisahkan pH air hujan	memisahkan pH air hujan
		Cara kerja tidak jelas dan sulit dipahami	Cara kerja cukup jelas tapi kurang praktis	Cara kerja jelas, praktis dan cukup efisien dalam memisahkan pH air hujan	Cara kerja sangat jelas, praktis, dan efisien dalam memisahkan pH air hujan	
		Siswa tidak membuat RAB atau perhitungan tidak realistis	Siswa membuat RAB tetapi salah dalam perhitungan pada bagian harga satuan atau total	Siswa membuat RAB dengan perhitungan yang cukup akurat tetapi kurang rinci pada bagian harga satuan atau total	Siswa membuat RAB dengan sangat rinci, akurat, mencakup harga satuan, total per komponen	
Pemilihan Solusi Optimal	Siswa secara berkelompok dapat memilih solusi terbaik, memastikan itu tidak hanya kreatif tetapi juga dapat diterapkan dan efektif.	Pemilihan solusi yang optimal mulai dari mempertimbangkan nilai kegunaan	Siswa memilih solusi yang sulit diterapkan tetapi tidak efektif dalam mengatasi masalah kelangkaan dan ketersediaan air di masa depan	Siswa memilih solusi yang memungkinkan untuk diterapkan tetapi kurang efektif dalam mengatasi masalah kelangkaan dan ketersediaan air di masa depan	Siswa memilih solusi yang memungkinkan diterapkan tetapi cukup efektif dalam mengatasi masalah kelangkaan dan ketersediaan air di masa depan	Siswa memilih solusi sangat mungkin untuk diterapkan dan efektif dalam mengatasi masalah kelangkaan dan ketersediaan air di masa depan
		Pemilihan solusi yang optimal dengan mempertimbangkan orignalitas	Solusi tidak menunjukkan adanya kebaruan	Solusi menunjukkan adanya kebaruan desain namun tidak	Solusi menunjukkan adanya kebaruan desain namun tidak secara	Solusi menunjukkan adanya kebaruan desain yang mendukung nilai

Indikator	Kriteria Kinerja	Deskripsi	Nilai			
			1	2	3	4
				mendukung nilai kegunaan alat	efektif mendukung nilai kegunaan alat	kegunaan alat
Peningkatan Solusi	Siswa mampu membuat desain prototipe dari pilihan terbaik yang dipilihnya.	Dalam membuat suatu desain, siswa menggunakan idenya berdasarkan solusi terbaik yang telah dipilihnya. Desain tersebut seperti gambar prototipe yang akan mereka buat ini menunjukkan kemampuan mereka dalam merencanakan dan mewujudkan ide menjadi desain yang jelas dan praktis.	Desain yang dibuat tidak jelas dan tidak memiliki informasi tentang ukuran dan fungsi	Desain yang dibuat masih kurang jelas tetapi detail informasi tentang ukuran dan fungsi masih sangat minim	Desain yang dibuat sudah cukup jelas dengan detail informasi tentang ukuran dan fungsi belum lengkap	Desain yang dibuat sudah terperinci dengan detail informasi tentang ukuran dan fungsi sudah jelas dan lengkap
			Desain yang dibuat tidak menggunakan bahan ramah lingkungan (membeli bahan baru semua).	Desain yang dibuat menggunakan bahan yang ramah lingkungan, meskipun hampir semua komponen yang tidak menggunakan bahan ramah lingkungan	Desain yang dibuat menggunakan bahan yang ramah lingkungan, meskipun ada beberapa komponen yang tidak menggunakan bahan ramah lingkungan	Desain yang dibuat menggunakan bahan yang ramah lingkungan, sehingga mengurangi anggaran biaya
	Siswa mampu membuat prototipe berdasarkan desain yang telah dibuat.	Mewujudkan ide yang telah direncanakan menjadi produk nyata dan dapat diuji dengan membangun prototipe berbasis teknologi yang selaras	Siswa tidak dapat merealisasikan desain yang telah dibuat	Siswa dapat membuat prototipe namun tidak sesuai dengan desain yang telah dibuat	Siswa dapat membuat prototipe, namun kurang sesuai dengan desain yang telah dibuat	Siswa dapat membuat prototipe sesuai dengan desain yang telah dibuat

Indikator	Kriteria Kinerja	Deskripsi	Nilai			
			1	2	3	4
		dengan desain awal mereka.				
	Siswa dapat menguji prototipe yang dibuat.	Uji coba diperlukan setelah siswa membuat prototipe untuk memeriksa efisiensi alat, keuntungan dalam segi ekonomi, dan manfaat bagi lingkungan.	Prototipe yang dibuat tidak efisien dalam memisahkan pH air hujan	Prototipe yang dibuat sedikit efisien dalam memisahkan pH air hujan	Prototipe yang dibuat cukup efisien dalam memisahkan pH air hujan	Prototipe yang dibuat sangat efisien dalam memisahkan pH air hujan
			Biaya produksi tidak sebanding dengan hasil yang diperoleh, mengakibatkan kerugian ekonomi	Biaya produksi sebanding dengan hasil yang diperoleh tetapi tidak menghasilkan keuntungan ekonomi	Biaya produksi sebanding dengan hasil yang diperoleh tetapi hanya menghasilkan sedikit keuntungan ekonomi	Biaya produksi sebanding dengan hasil yang diperoleh tetapi menghasilkan banyak keuntungan ekonomi
			Prototipe yang dibuat tidak memberikan manfaat ekologis yang nyata	Prototipe yang dibuat sedikit memberikan manfaat lingkungan, tetapi tidak signifikan	Prototipe yang dibuat cukup memberikan manfaat bagi lingkungan, meskipun sudah signifikan tetapi belum optimal dalam konservasi air dan mengurangi kelangkaan air	Prototipe yang dibuat sangat memberikan manfaat bagi lingkungan secara signifikan dapat membantu konservasi air dan mengurangi kelangkaan air bagi masyarakat
Presentasi dan Pelaporan	Siswa dapat mempresentasikan tentang proses desain teknik dan hasil	Mempresentasikan tentang proses desain teknik dan hasil akhir dengan berkoordinasi	Siswa dalam kelompok hanya membaca teks dan cenderung pasif	Siswa kurang berkoordinasi dengan teman kelompok dalam menjelaskan dan	Siswa dapat berkoordinasi dengan teman kelompok tetapi hanya beberapa siswa yang aktif dalam	Semua anggota kelompok dapat berkoordinasi dengan baik dalam menjelaskan dan

Indikator	Kriteria Kinerja	Deskripsi	Nilai			
			1	2	3	4
	akhir serta melaporkan LKPD	si bersama teman kelompok secara aktif		mendemonstrasikan alat serta seluruh anggota masih cenderung pasif (hanya 1-2 siswa yang aktif)	menjelaskan dan mendemonstrasikan alat (jumlah siswa aktif dan pasif sama)	mendemonstrasikan alat
		Menuliskan laporan yang disertai dengan dokumentasi pada LKPD yang telah disediakan	Siswa menuliskan laporan dengan isi yang kurang lengkap dan tidak jelas serta tidak disertai dokumentasi	Siswa menuliskan laporan dengan isi yang kurang lengkap dan tidak jelas serta dokumentasinya sangat minim	Siswa mampu menuliskan laporan dengan isi yang cukup lengkap dan jelas tetapi dokumentasinya masih kurang	Siswa mampu menuliskan laporan dengan isi yang lengkap, jelas, dan disertai dengan dokumentasi yang lengkap
Desain Manajemen Proses	Siswa dapat menyelesaikan prototype dengan desain akhir dalam waktu yang telah ditentukan dengan mengendalikannya sesuai dengan <i>timeline</i> yang siswa buat.	Siswa dapat melaksanakan kegiatan sesuai <i>timeline</i> yang telah direncanakan	Siswa menyusun <i>timeline</i> setiap tahapan kurang jelas dan sangat jauh dari <i>timeline</i> yang mereka buat	Siswa hanya mampu melaksanakan kegiatan sesuai <i>timeline</i> setengah dari yang telah direncanakan	Siswa mampu melaksanakan hampir semua kegiatan sesuai <i>timeline</i> setengah dari yang telah direncanakan	Siswa mampu melaksanakan semua kegiatan sesuai <i>timeline</i> yang telah direncanakan
		Siswa dapat mengumpulkan laporan sesuai waktu yang telah ditentukan	Siswa mengumpulkan laporan melebihi 3 hari dari waktu yang ditentukan	Siswa mengumpulkan laporan melebihi 2 hari dari waktu yang ditentukan	Siswa mengumpulkan laporan melebihi 1 hari dari waktu yang ditentukan	Siswa mengumpulkan laporan sesuai dengan waktu yang ditentukan

3.4.2 Instrumen Aksi Siswa

Instrumen aksi siswa dalam upaya mengatasi permasalahan kelangkaan air bersih merupakan hasil adaptasi dan pengembangan kuesioner penelitian yang dilakukan oleh Hadjichambis & Paraskeva-Hadjichambi (2020). Pada instrumen penelitian terdapat tiga indikator diantaranya yaitu a) Tindakan masa lalu dan masa sekarang, b) Tindakan masa depan, dan c) Capaian kompetensi. Pada penelitian ini digunakan indikator yang sama yaitu pada masing-masing indikator memiliki jumlah pernyataan yang berbeda untuk tindakan masa terdapat 31 pernyataan sedangkan pada capaian kompetensi jumlah pernyataan sebanyak 20 pernyataan. Pernyataan yang dikembangkan didasarkan pada sub indikator yang terdapat di dalam *ESD Learning Objectives* sehingga pernyataan terarah dan tidak keluar dari capaian tujuan pembangunan pada SDGs *Clean Water and Sanitation*.

Pada instrumen aksi siswa terkait *Clean Water and Sanitation*, setiap pernyataan disajikan dengan 4 pilihan skala likert. Indikator tindakan masa yaitu tindakan masa lalu dan masa sekarang memiliki kriteria pilihan sebagai berikut, yaitu tidak pernah (TP), jarang (JR), sering (SR), dan selalu (SL). Adapun skor tertinggi bernilai 4 poin jika menjawab pilihan selalu (SL), sementara skor terendah bernilai 1 poin jika menjawab pilihan tidak pernah (TP). Sedangkan, indikator tindakan masa depan bersifat rencana aksi, karena aksi belum terjadi sehingga masih dalam rencana aksi memiliki kriteria penilaian sebagai berikut yaitu tidak akan melakukan (TAM), ragu akan melakukan (RAM), berusaha akan melakukan (BAM), dan yakin akan melakukan (YAM). Adapun skor tertinggi bernilai 4 poin jika menjawab pilihan yakin akan melakukan (YAM), sementara skor terendah bernilai 1 poin jika menjawab pilihan tidak akan melakukan (TAM). Kemudian, untuk indikator capaian kompetensi memiliki kriteria penilaian sebagai berikut, yaitu sangat tidak mampu (STM), tidak mampu (TM), mampu (M), dan sangat mampu (SM). Penilaian skor tertinggi bernilai 4 poin, dan skor terendah bernilai 1 poin.

Merujuk pada *ESD: Learning Objectives* yang dikemukakan oleh UNESCO, (2017), pernyataan yang dimodifikasi terdiri dari tiga domain, 1) Domain kognitif, 2) Domain sosio-emosional, dan 3) Tingkah laku. Selanjutnya pada tujuan

pendidikan berkelanjutan terdapat sub topik yang meliputi 1) Penggunaan air, 2) Kualitas air dan sanitasi, dan 3) Pengelolaan air. Pemetaan matriks hasil modifikasi instrumen aksi ini dapat dilihat secara lengkap pada Lampiran 2. Berikut merupakan kisi-kisi instrumen aksi siswa yang akan digunakan dalam penelitian.

Tabel 3.5 Kisi-Kisi Instrumen Aksi Siswa

No.	Indikator	Definisi Indikator	Sub Topik SDGs 6 <i>Clean Water and Sanitation</i>	ESD Learning Goals	Nomor Pernyataan	Jumlah
1.	Tindakan masa lalu, masa sekarang, dan masa depan	Tindakan masa lalu, masa sekarang, dan masa depan yang terkait dengan permasalahan kelangkaan air	Penggunaan air	Kognitif	1, 2, 3, 4, 5, 6	42
				Sosio-emosional	15, 16, 17, 18, 19, 20	
				Tingkah Laku	29, 30, 31, 32, 33, 34	
			Kualitas air dan sanitasi	Kognitif	7, 8, 9, 10	
				Sosio-emosional	21, 22, 23, 24	
				Tingkah Laku	35, 36, 37, 38	
			Pengelolaan air	Kognitif	11, 12, 13, 14	
				Sosio-emosional	25, 26, 27, 28	
				Tingkah Laku	39, 40, 41, 42	
2.	Capaian Kompetensi	Capaian kompetensi terkait pengetahuan, sikap, dan keterampilan siswa terkait dengan permasalahan kelangkaan air	Penggunaan air	Kognitif	1, 2, 3, 4, 5, 6	42
				Sosio-emosional	15, 16, 17, 18, 19, 20	
				Tingkah Laku	29, 30, 31, 32, 33, 34	
			Kualitas air dan sanitasi	Kognitif	7, 8, 9, 10	
				Sosio-emosional	21, 22, 23, 24	
				Tingkah Laku	35, 36, 37, 38	
			Pengelolaan air	Kognitif	11, 12, 13, 14	
				Sosio-emosional	25, 26, 27, 28	
				Tingkah Laku	39, 40, 41, 42	
Jumlah						82

Untuk contoh pernyataan instrumen aksi siswa terkait poin SDGs *Clean Water and Sanitation* dapat ditinjau pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Contoh Pernyataan Instrumen Aksi

Indikator	Sub Topik SDGs 6 <i>Clean Water and Sanitation</i>	Butir Pernyataan
Tindakan masa lalu, masa sekarang, dan masa depan	Penggunaan air	Saya mengetahui bahwa salah satu cara untuk menghemat air yaitu menggunakan air sesuai kebutuhan
	Kualitas Air dan Sanitasi	Saya membersihkan tempat penampungan air di rumah secara berkala
	Pengelolaan Air	Saya mengetahui pengelolaan air hujan dapat meningkatkan ketersediaan air bersih di masa depan
Capaian Kompetensi	Penggunaan air	Saya memperhatikan penggunaan air saya setiap harinya supaya dapat mengontrol air yang digunakan
	Kualitas Air dan Sanitasi	Saya mempelajari indikator air yang tercemar
	Pengelolaan Air	Saya mengolah kembali air hujan untuk digunakan dalam aktivitas sehari-hari

Setelah menyusun butir pertanyaan, peneliti kemudian mengonsultasikannya kepada dosen untuk dilakukan *judgement*. Setelah disetujui instrumen akan diuji keterbacaan, uji validitas serta uji reliabilitas. Pengujian dilakukan pada 26 siswa SMA di salah satu sekolah negeri di Bandung. Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistic versi 26 untuk mengetahui apakah setiap pertanyaan sudah baik untuk digunakan dan reliabel sehingga layak untuk digunakan. Pernyataan diuji validitas terlebih dahulu dan dapat dikatakan valid jika nilai probabilitas korelasi jika kurang dari 0.05 ($p < 0,05$). Setelah seluruh pernyataan telah diuji validitas, selanjutnya dilakukan uji reliabilitas untuk melihat apakah item pernyataan pada instrumen sudah bersifat reliabel. Data rekapitulasi hasil uji yang telah dilakukan ditunjukkan pada Tabel 3.7 sedangkan uji validitas dan reliabilitas instrumen aksi siswa secara lengkap terlampir pada Lampiran 1.

Tabel 3. 7 Hasil Uji Instrumen Aksi Siswa (Tahap I)

Indikator Tindakan Tiap Masa					
Nomor Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
1.	Positif	0.185 Tidak Valid	0.158 Tidak Valid	0.553 Tidak Valid	Tidak Digunakan
2.	Negatif	0.057 Tidak Valid	0.018 Valid	0.200 Tidak Valid	Pengujian Tahap II

Ailsya Machira Berliani, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK PEMANENAN AIR HUJAN DENGAN TEKNOLOGI ELEKTROLISIS BERBASIS STEM-ESD TERKAIT SDGS 6 TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA SMA

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

Indikator Tindakan Tiap Masa					
Nomor Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
3.	Positif	0.018 Valid	0.049 Valid	0.112 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
4.	Negatif	0.577 Tidak Valid	0.261 Tidak Valid	0.100 Tidak Valid	Tidak Digunakan
5.	Positif	0.118 Tidak Valid	0.176 Tidak Valid	0.673 Tidak Valid	Tidak Digunakan
6.	Negatif	0.078 Tidak Valid	0.004 Valid	0.635 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
7.	Positif	0.656 Tidak Valid	0.635 Tidak Valid	0.406 Tidak Valid	Tidak Digunakan
8.	Negatif	0.565 Tidak Valid	0.034 Valid	0.333 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
9.	Positif	0.011 Valid	0.007 Valid	0.051 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
10.	Negatif	0.159 Tidak Valid	0.419 Tidak Valid	0.397 Tidak Valid	Tidak Digunakan
11.	Positif	0.001 Valid	0.002 Valid	0.001 Valid	Digunakan
12.	Negatif	0.007 Valid	0.079 Tidak Valid	0.039 Valid	Pengujian Tahap II
13.	Positif	0.055 Tidak Valid	0.245 Tidak Valid	0.150 Tidak Valid	Tidak Digunakan
14.	Negatif	0.236 Tidak Valid	0.170 Tidak Valid	0.028 Valid	Pengujian Tahap II
15.	Positif	0.133 Tidak Valid	0.116 Tidak Valid	0.054 Tidak Valid	Tidak Digunakan
16.	Negatif	0.011 Valid	0.056 Tidak Valid	0.428 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
17.	Positif	0.001 Valid	0.001 Valid	0.149 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
18.	Negatif	0.153 Tidak Valid	0.058 Tidak Valid	0.202 Tidak Valid	Tidak Digunakan
19.	Positif	0.045 Valid	0.149 Tidak Valid	0.076 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
20.	Negatif	0.657 Tidak Valid	0.626 Tidak Valid	0.033 Valid	Pengujian Tahap II
21.	Positif	0.012 Valid	0.021 Valid	0.027 Valid	Digunakan

Indikator Tindakan Tiap Masa					
Nomor Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
22.	Negatif	0.531 Tidak Valid	0.888 Tidak Valid	0.796 Tidak Valid	Tidak Digunakan
23.	Positif	0.058 Tidak Valid	0.173 Tidak Valid	0.046 Valid	Pengujian Tahap II
24.	Negatif	0.024 Valid	0.004 Valid	0.068 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
25.	Positif	0.002 Valid	0.056 Tidak Valid	0.079 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
26.	Negatif	0.000 Valid	0.002 Valid	0.290 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
27.	Positif	0.863 Tidak Valid	0.732 Tidak Valid	0.960 Tidak Valid	Tidak Digunakan
28.	Negatif	0.014 Valid	0.019 Valid	0.011 Valid	Digunakan
29.	Positif	0.006 Valid	0.010 Valid	0.168 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
30.	Negatif	0.026 Valid	0.087 Tidak Valid	0.262 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
31.	Positif	0.001 Valid	0.018 Valid	0.447 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
32.	Negatif	0.390 Tidak Valid	0.798 Tidak Valid	0.181 Tidak Valid	Tidak Digunakan
33.	Positif	0.225 Tidak Valid	0.269 Tidak Valid	0.752 Tidak Valid	Tidak Digunakan
34.	Negatif	0.842 Tidak Valid	0.386 Tidak Valid	0.416 Tidak Valid	Tidak Digunakan
35.	Positif	0.020 Valid	0.613 Tidak Valid	0.990 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
36.	Negatif	0.611 Tidak Valid	0.524 Tidak Valid	0.960 Tidak Valid	Tidak Digunakan
37.	Positif	0.124 Tidak Valid	0.048 Valid	0.590 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
38.	Negatif	0.014 Valid	0.021 Valid	0.002 Valid	Digunakan
39.	Positif	0.021 Valid	0.116 Tidak Valid	0.671 Tidak Valid	Pengujian Tahap II
40.	Negatif	0.103 Tidak Valid	0.099 Tidak Valid	0.081 Tidak Valid	Tidak Digunakan
41.	Positif	0.006 Valid	0.045 Valid	0.277 Tidak Valid	Pengujian Tahap II

Indikator Tindakan Tiap Masa					
Nomor Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
42.	Negatif	0.128 Tidak Valid	0.050 Tidak Valid	0.610 Tidak Valid	Tidak Digunakan
Reliabilitas	0.808	0.780	0.642	Reliabel	

Indikator Capaian Kompetensi						
Nomor Soal	Jenis Pernyataan	Validitas		Reliabilitas		Keterangan
		Nilai Sign	Interpretasi	Alfa Cronbach	Interpretasi	
1.	Positif	0.438	Tidak Valid	0.850	Reliabel	Pengujian Tahap II
2.	Positif	0.399	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
3.	Positif	0.364	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
4.	Positif	0.154	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
5.	Positif	0.001	Valid			Digunakan
6.	Positif	0.000	Valid			Digunakan
7.	Positif	0.020	Valid			Digunakan
8.	Negatif	0.329	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
9.	Positif	0.182	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
10.	Positif	0.002	Valid			Digunakan
11.	Positif	0.029	Valid			Digunakan
12.	Positif	0.386	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
13.	Positif	0.000	Valid			Digunakan
14.	Positif	0.114	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
15.	Positif	0.025	Valid			Digunakan
16.	Positif	0.046	Valid			Digunakan
17.	Positif	0.046	Valid			Digunakan
18.	Negatif	0.362	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
19.	Positif	0.327	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
20.	Positif	0.433	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
21.	Positif	0.073	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
22.	Negatif	0.421	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
23.	Positif	0.034	Valid			Digunakan
24.	Negatif	0.428	Tidak Valid			Pengujian Tahap II

Indikator Capaian Kompetensi						
Nomor Soal	Jenis Pernyataan	Validitas		Reliabilitas		Keterangan
		Nilai Sign	Interpretasi	Alfa Cronbach	Interpretasi	
25.	Positif	0.062	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
26.	Negatif	0.059	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
27.	Positif	0.152	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
28.	Positif	0.069	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
29.	Positif	0.115	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
30.	Positif	0.041	Valid			Digunakan
31.	Positif	0.055	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
32.	Positif	0.003	Valid			Digunakan
33.	Positif	0.002	Valid			Digunakan
34.	Positif	0.023	Valid			Digunakan
35.	Positif	0.024	Valid			Digunakan
36.	Positif	0.027	Valid			Digunakan
37.	Positif	0.006	Valid			Digunakan
38.	Positif	0.991	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
39.	Positif	0.095	Tidak Valid			Pengujian Tahap II
40.	Positif	0.010	Valid			Digunakan
41.	Positif	0.034	Valid			Digunakan
42.	Positif	0.014	Valid			Digunakan

Setelah dilakukan pengujian tahap I, diketahui bahwa terdapat beberapa pernyataan yang memiliki hasil yang tidak valid sehingga membutuhkan revisi dan pengujian tahap II. Berikut merupakan tabel hasil pengujian tahap II dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Hasil Uji Instrumen Aksi Siswa (Tahap II)

Indikator Tindakan Tiap Masa					
Nomor Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
1.	Positif	0.000 Valid	0.069 Tidak Valid	0.049 Valid	Direvisi
2.	Negatif	0.364 Tidak Valid	0.402 Tidak Valid	0.448 Tidak Valid	Tidak Digunakan
3.	Positif	0.005 Valid	0.136 Tidak Valid	0.003 Valid	Direvisi
4.	Negatif	0.046 Tidak Valid	0.296 Tidak Valid	0.012 Valid	Tidak Digunakan

Indikator Tindakan Tiap Masa					
Nomor Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
5.	Positif	0.001 Valid	0.001 Valid	0.073 Tidak Valid	Direvisi
6.	Positif	0.016 Valid	0.009 Valid	0.019 Valid	Digunakan
7.	Negatif	0.425 Tidak Valid	0.213 Tidak Valid	0.148 Tidak Valid	Tidak Digunakan
8.	Positif	0.058 Tidak Valid	0.001 Valid	0.002 Valid	Direvisi
9.	Positif	0.031 Valid	0.696 Tidak Valid	0.126 Tidak Valid	Direvisi
10.	Negatif	0.300 Tidak Valid	0.087 Tidak Valid	0.152 Tidak Valid	Tidak Digunakan
11.	Positif	0.009 Valid	0.653 Tidak Valid	0.004 Valid	Direvisi
12.	Negatif	0.571 Tidak Valid	0.504 Tidak Valid	0.580 Tidak Valid	Tidak Digunakan
13.	Negatif	0.978 Tidak Valid	0.421 Tidak Valid	0.040 Valid	Direvisi
14.	Positif	0.010 Valid	0.000 Valid	0.000 Valid	Digunakan
15.	Positif	0.000 Valid	0.029 Valid	0.003 Valid	Digunakan
16.	Negatif	0.917 Tidak Valid	0.241 Tidak Valid	0.201 Tidak Valid	Tidak Digunakan
17.	Positif	0.041 Valid	0.556 Tidak Valid	0.000 Valid	Direvisi
18.	Positif	0.000 Valid	0.522 Tidak Valid	0.002 Valid	Direvisi
19.	Positif	0.000 Valid	0.036 Valid	0.049 Valid	Digunakan
20.	Positif	0.110 Tidak Valid	0.068 Tidak Valid	0.037 Valid	Tidak Digunakan
21.	Negatif	0.655 Tidak Valid	0.345 Tidak Valid	0.632 Tidak Valid	Tidak Digunakan
22.	Positif	0.000 Valid	0.003 Valid	0.005 Valid	Digunakan
23.	Negatif	0.945 Tidak Valid	0.435 Tidak Valid	0.246 Tidak Valid	Tidak Digunakan
24.	Positif	0.004 Valid	0.000 Valid	0.000 Valid	Digunakan
25.	Negatif	0.230 Tidak Valid	0.805 Tidak Valid	0.666 Tidak Valid	Tidak Digunakan
26.	Negatif	0.096 Tidak Valid	0.105 Tidak Valid	0.130 Tidak Valid	Tidak Digunakan
27.	Positif	0.040 Valid	0.000 Valid	0.021 Valid	Digunakan
28.	Positif	0.000 Valid	0.001 Valid	0.000 Valid	Digunakan

Ailsya Machira Berliani, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK PEMANENAN AIR HUJAN DENGAN TEKNOLOGI ELEKTROLISIS BERBASIS STEM-ESD TERKAIT SDGS 6 TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA SMA

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

Indikator Tindakan Tiap Masa					
Nomor Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
29.	Negatif	0.633 Tidak Valid	0.852 Tidak Valid	0.028 Valid	Direvisi
30.	Positif	0.009 Valid	0.562 Tidak Valid	0.000 Valid	Direvisi
31.	Negatif	0.058 Tidak Valid	0.875 Tidak Valid	0.168 Tidak Valid	Tidak Digunakan
32.	Positif	0.000 Valid	0.001 Valid	0.003 Valid	Digunakan
33.	Negatif	0.964 Tidak Valid	0.392 Tidak Valid	0.220 Tidak Valid	Tidak Digunakan
34.	Positif	0.423 Tidak Valid	0.700 Tidak Valid	0.086 Tidak Valid	Tidak Digunakan
35.	Negatif	0.160 Tidak Valid	0.000 Valid	0.602 Tidak Valid	Direvisi
36.	Positif	0.002 Valid	0.000 Valid	0.001 Valid	Digunakan
37.	Positif	0.000 Valid	0.022 Valid	0.016 Valid	Digunakan
38.	Positif	0.001 Valid	0.195 Tidak Valid	0.512 Tidak Valid	Direvisi
39.	Negatif	0.305 Tidak Valid	0.082 Tidak Valid	0.054 Tidak Valid	Tidak Digunakan
40.	Positif	0.101 Tidak Valid	0.318 Tidak Valid	0.016 Valid	Direvisi
41.	Negatif	0.545 Tidak Valid	0.302 Tidak Valid	0.001 Valid	Direvisi
42.	Positif	0.136 Tidak Valid	0.002 Valid	0.001 Valid	Direvisi
43.	Negatif	0.856 Tidak Valid	0.049 Valid	0.033 Valid	Direvisi
44.	Positif	0.796 Tidak Valid	0.836 Tidak Valid	0.002 Valid	Direvisi
45.	Positif	0.043 Valid	0.002 Valid	0.700 Tidak Valid	Direvisi
46.	Positif	0.053 Tidak Valid	0.346 Tidak Valid	0.038 Valid	Direvisi
47.	Positif	0.001 Valid	0.279 Tidak Valid	0.000 Valid	Direvisi
48.	Positif	0.104 Tidak Valid	0.156 Tidak Valid	0.279 Tidak Valid	Tidak Digunakan
49.	Positif	0.144 Tidak Valid	0.735 Tidak Valid	0.134 Tidak Valid	Tidak Digunakan
50.	Negatif	0.398 Tidak Valid	0.066 Tidak Valid	0.226 Tidak Valid	Tidak Digunakan
51.	Positif	0.086 Tidak Valid	0.067 Tidak Valid	0.249 Tidak Valid	Tidak Digunakan
52.	Positif	0.023 Valid	0.019 Valid	0.176 Tidak Valid	Direvisi

Indikator Tindakan Tiap Masa					
Nomor Soal	Jenis Pernyataan	Validitas			Keterangan
		Masa Lalu	Masa Sekarang	Masa Depan	
53.	Negatif	0.540 Tidak Valid	0.148 Tidak Valid	0.227 Tidak Valid	Tidak Digunakan
Reliabilitas		0.853	0.824	0.863	Reliabel

Berdasarkan Tabel 3.8 pada tahap pengujian kedua, terdapat 10 dari 53 butir pernyataan aksi siswa pada *Clean Water and Sanitation* yang dinyatakan valid. Setelah pengujian tersebut, peneliti melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing untuk membahas hasil pengujian instrumen. Dari hasil konsultasi, disepakati bahwa butir soal instrumen yang belum valid masih dapat digunakan, asalkan telah direvisi menyesuaikan dengan butir soal yang sudah valid. Selain itu, dilakukan penambahan sebanyak x butir pernyataan guna mewakili dari setiap indikator aksi. Peneliti tidak melaksanakan uji coba instrumen tahap ketiga karena keterbatasan waktu yang tersedia saat itu. Hal ini disebabkan oleh jadwal kegiatan pesantren ramadhan selama sebulan di sekolah tempat uji coba berlangsung, sementara waktu pelaksanaan penelitian sudah dekat. Oleh karena itu, jumlah akhir butir pernyataan aksi siswa pada *Clean Water and Sanitation* ditetapkan sebanyak 31 soal. Rekapitulasi nomor pernyataan disajikan pada Tabel 3.9, sedangkan butir pernyataan aksi siswa pada *Clean Water and Sanitation* yang siap digunakan terdapat pada Lampiran 2.

Tabel 3.9 Kisi-kisi Instrumen Aksi Siswa Setelah Uji Instrumen

No.	Indikator	Definisi Indikator	Sub Topik SDGs 6 <i>Clean Water and Sanitation</i>	ESD Learning Goals	Nomor Pernyataan	Jumlah
1.	Tindakan masa lalu, masa sekarang, dan masa depan	Tindakan masa lalu, masa sekarang, dan masa depan yang terkait dengan permasalahan kelangkaan air	Penggunaan air	Kognitif	1, 2	31
				Sosio-emosional	3, 4, 5	
				Tingkah Laku	6, 7, 8, 9	
			Kualitas air dan sanitasi	Kognitif	10, 11, 12	
				Sosio-emosional	13, 14, 15, 16	
				Tingkah Laku	17, 18, 19, 20	

Ailsya Machira Berliani, 2025

PEMBELAJARAN PROYEK PEMANENAN AIR HUJAN DENGAN TEKNOLOGI ELEKTROLISIS BERBASIS STEM-ESD TERKAIT SDGS 6 TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA SMA

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

No.	Indikator	Definisi Indikator	Sub Topik SDGs 6 <i>Clean Water and Sanitation</i>	ESD Learning Goals	Nomor Pernyataan	Jumlah
			Pengelolaan air	Kognitif	21, 22, 23, 24, 25, 26	
				Sosio-emosional	27, 28	
				Tingkah Laku	29, 30, 31	
2.	Capaian Kompetensi	Capaian kompetensi terkait pengetahuan, sikap, dan keterampilan siswa terkait dengan permasalahan kelangkaan air	Penggunaan air	Kognitif	1, 2	20
				Sosio-emosional	3, 4	
				Tingkah Laku	5, 6, 7	
			Kualitas air dan sanitasi	Kognitif	8, 9	
				Sosio-emosional	10, 11	
				Tingkah Laku	12, 13	
			Pengelolaan air	Kognitif	14, 15	
				Sosio-emosional	16, 17	
				Tingkah Laku	18, 19, 20	
Jumlah						51

3.4.3 Instrumen Tambahan

Selain menggunakan instrumen rubrik penilaian keterampilan rekayasa dan instrumen kuesioner aksi siswa, peneliti juga menggunakan instrumen tambahan untuk melengkapi data penelitian. Instrumen tambahan yang digunakan berupa wawancara kepada siswa yang merupakan perwakilan dari setiap kelompok. Wawancara bertujuan untuk memperoleh penjelasan yang mendalam mengenai temuan penelitian, khususnya dalam mengungkap detail proses pembelajaran yang telah dilaksanakan. Berikut merupakan kisi-kisi pertanyaan wawancara yang ditanyakan kepada siswa, ditunjukkan pada Tabel 3.10, instrumen wawancara secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 3.10 Kisi-kisi Instrumen Wawancara

No.	Indikator	Definisi Indikator	Nomor Soal	Jumlah
1	Proses Pembelajaran	Tanggapan siswa terhadap proses pembelajaran yang telah dilaksanakan	1, 2, 3, 4, 5, 6	6

No.	Indikator	Definisi Indikator	Nomor Soal	Jumlah
2	Aksi Siswa	Tanggapan siswa terhadap aksi	7, 8, 9, 10	4
3	Keterampilan Rekayasa	Tanggapan siswa terhadap tahapan <i>Engineering Design Process</i> dalam pembuatan produk	11, 12, 13, 14	4
Jumlah Butir Pertanyaan				14

Selanjutnya, instrumen tambahan yang digunakan yaitu catatan lapangan (*field notes*). Catatan lapangan berfungsi untuk mendokumentasikan seluruh observasi, interaksi, dan kejadian penting selama proses penelitian berlangsung. Catatan lapangan memiliki peran krusial dalam melakukan analisis lanjutan termasuk analisis sekunder dan sintesis temuan penelitian (Phillippi & Lauderdale, 2018). Selain itu, *fieldnote* mencatat berbagai fenomena penting yang berpotensi mempengaruhi hasil dan interpretasi penelitian. *Fieldnote* dilakukan ketika proses observasi saat proses pembelajaran berlangsung baik di dalam kelas ataupun saat penugasaan di rumah melalui konsultasi.

3.5 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini meliputi beberapa tahapan, yaitu tahap pra-pelaksanaan, tahap pelaksanaan, dan tahap pasca pelaksanaan termasuk kegiatan pengolahan dan analisis data, penyusunan pembahasan serta penarikan kesimpulan. Adapun tahapan penelitian dijelaskan secara rinci adalah sebagai berikut.

3.5.1 Tahap Pra-Pelaksanaan

Pada tahap pra-pelaksanaan penelitian terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk mempersiapkan seluruh aspek penelitian sebelum akhirnya dilakukan. Tahap ini merupakan fondasi awal yang sangat krusial dalam memastikan penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan terarah. Tahap pra-pelaksanaan diawali dengan pencarian sumber informasi dan melakukan studi literatur yang terkait dengan pembelajaran proyek STEM-ESD, konsep tujuan pembangunan berkelanjutan/SDGs poin 6 mengenai *Clean Water and Sanitation*, Teknologi elektrolisis air hujan, keterampilan rekayasa, dan aksi siswa sebagai upaya mengatasi permasalahan air di lingkungan sekitar. Setelah itu melakukan

identifikasi capaian pembelajaran terkait topik biologi yang sesuai dengan penelitian. Lalu melakukan studi literatur lainnya untuk memahami teori-teori dasar, menemukan penelitian terdahulu yang relevan, serta merumuskan permasalahan dan menurunkannya menjadi pertanyaan-pertanyaan penelitian. Penentuan populasi, jumlah sampel, dan lokasi sekolah yang akan digunakan dalam penelitian juga dilakukan sebagai bagian dari tahap pra-pelaksanaan.

Selanjutnya dilakukan penyusunan instrumen penelitian yang terdiri atas rubrik penilaian keterampilan rekayasa, kuesioner aksi siswa serta instrumen tambahan berupa pedoman wawancara. Proses penyusunan instrumen diawali dengan kajian literature sebagai dasar penentuan indikator, kemudian dilakukan modifikasi agar sesuai dengan konteks penelitian. Rubrik penilaian keterampilan rekayasa dirancang untuk menilai proses siswa dalam merekayasa produk elektrolisis air hujan, sedangkan kuesioner aksi disusun berdasarkan indikator dan menyesuaikan dengan matriks *Learning Goals* ESD poin 6 mengenai *Clean Water and Sanitation*. Instrumen yang telah disusun selanjutnya dikonsultasikan kepada dosen dan dilakukan uji validitas serta reliabilitas melalui uji coba instrumen yang terlibat dalam penelitian. Validitas dan reliabilitas bertujuan untuk memastikan instrumen memiliki tingkat keabsahan dan konsistensi yang memadai sehingga data yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan dan mendukung keakuratan hasil penelitian.

Selain penyusunan instrumen, tahap pra-pelaksanaan juga mencakup penyusunan perangkat pembelajaran yang terdiri atas modul ajar STEM-ESD (terdapat pada Lampiran 5) dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) (terdapat di Lampiran 6) yang digunakan selama proses kegiatan belajar mengajar berlangsung. Penyusunan modul ajar dan LKPD dilakukan dengan mengacu pada tahapan STEM oleh Widodo (2021) serta diintegrasikan dengan tahapan *engineering design process* sebagai dasar pengukuran keterampilan rekayasa. Sementara itu, aspek aksi siswa diintegrasikan ke dalam proses pembelajaran melalui penekanan pada nilai-nilai berkelanjutan. Sehingga pengembangan sikap peduli terhadap isu lingkungan sesuai dengan tujuan *Education for Sustainable Development* (ESD).

Tahapan selanjutnya adalah mempersiapkan kegiatan administrasi, yaitu pembuatan surat izin penelitian yang dikirimkan secara resmi kepada Kepala Sekolah Sekolah Menengah Atas (SMA) yang akan dijadikan tempat penelitian (dapat dilihat pada Lampiran 19). Setelah mendapatkan izin, dilakukan koordinasi dan diskusi dengan guru yang mengajar di sekolah terkait kesesuaian materi pembelajaran dengan topik penelitian, pengaturan jadwal pembelajaran, serta kondisi kelas yang akan menjadi lokasi penelitian. Diskusi ini bertujuan agar penelitian dapat berjalan sesuai rencana dan memberikan hasil yang optimal.

3.5.2 Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan peneliti meliputi tiga pertemuan di jam pelajaran biologi dan tiga pertemuan di luar jam pelajaran biologi. Pada pertemuan satu, dilakukan pengambilan data awal (*pre-test*) mengenai aksi siswa sebelum pembelajaran, kemudian dilanjutkan dengan pembelajaran inti yang meliputi tahap STEM perumusan masalah, pikir, dan desain. Setelah itu, pada kegiatan pasca pertemuan satu yang dilaksanakan di luar jam pelajaran, siswa diarahkan untuk memperdalam kajian literatur serta mengumpulkan alat dan bahan yang diperlukan. Pada pertemuan kedua dan pasca pertemuan dua, siswa melanjutkan kegiatan pembuatan produk yang sesuai dengan desain yang telah dirancang (tahap STEM buat). Pada pertemuan ketiga, siswa melakukan pengujian produk (tahap STEM uji coba) dan melakukan perbaikan desain (tahap STEM perbaikan desain). Tahap pelaksanaan kemudian ditutup dengan pengambilan data akhir (*post-test*) mengenai aksi siswa setelah pembelajaran. Adapun pelaksanaan penelitian secara rinci dapat dilihat pada Lampiran 5, berikut ini merupakan langkah-langkah pembelajaran dalam tahapan pelaksanaan penelitian melalui Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Langkah Pembelajaran dalam Tahap Pelaksanaan Penelitian

Pertemuan	Kegiatan	Tahapan Pembelajaran STEM	Keterampilan Rekayasa	Aksi
1	Pembelajaran dilaksanakan dengan model pembelajaran proyek berbasis	Perumusan Masalah	<ul style="list-style-type: none"> Pengenalan masalah Pendefinisian masalah 	<ul style="list-style-type: none"> Permasalahan disesuaikan dengan SDGs Goals 6 Dalam pengerjaan proyek,

Pertemuan	Kegiatan	Tahapan Pembelajaran STEM	Keterampilan Rekayasa	Aksi
	STEM-ESD dalam permasalahan air : <ul style="list-style-type: none"> • Siswa diberikan soal pre-test aksi untuk menjaring aksi siswa masa lalu, masa sekarang, dan masa depan • Siswa dibagi ke dalam kelompok (6-7 orang per kelompok) • Siswa melakukan observasi dan studi literature terkait permasalahan air yang terjadi di sekitarnya • Siswa menjawab pertanyaan dalam LKPD berdasarkan pengalaman dan sumber yang kredibel 		<ul style="list-style-type: none"> • Desain manajemen proses 	mengimplementasikan nilai-nilai keberlanjutan
	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa menganalisis dampak permasalahan air terhadap Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) nomor 6. • Siswa mengamati teknologi pemanenan air hujan yang sudah ada dan mencari kekurangan 	Pikir	<ul style="list-style-type: none"> • Pendefinisian masalah • Pembuatan ide • Desain manajemen proses 	<ul style="list-style-type: none"> • Memikirkan dampak permasalahan air terhadap SDGs • Memikirkan produk teknologi yang sudah ada apakah sudah sesuai dengan prinsip keberlanjutan • Dalam pengerjaan proyek, mengimplementasikan nilai-nilai keberlanjutan

Pertemuan	Kegiatan	Tahapan Pembelajaran STEM	Keterampilan Rekayasa	Aksi
	<p>dari alat tersebut</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa memikirkan ide dan bentuk teknologi sebagai solusi untuk pemecahan masalah pada kelangkaan air bersih Siswa memilih salah satu ide anggota kelompok yang akan direalisasikan Siswa memberikan solusi dengan mengembangkan produk teknologi 			
	<ul style="list-style-type: none"> Siswa merancang desain produk teknologi yang akan dibuat Siswa menggambaran <i>prototype</i> desain produk teknologi yang akan dibuat 	Desain	<ul style="list-style-type: none"> Pemilihan solusi optimal Desain manajemen proses 	<ul style="list-style-type: none"> Memikirkan solusi berupa pemilihan ide yang optimal yang sesuai dengan prinsip berkelanjutan, seperti pemilihan bahan yang ramah lingkungan Dalam pengerjaan proyek, mengimplementasikan nilai-nilai keberlanjutan
Pasca Pertemuan 1 (Di luar JP)	<ul style="list-style-type: none"> Siswa mencari tahu lebih lanjut teknologi yang akan dibuat dengan mencari di internet dan membaca sumber referensi lainnya Siswa mengumpulkan alat dan 	Desain dan Buat		

Pertemuan	Kegiatan	Tahapan Pembelajaran STEM	Keterampilan Rekayasa	Aksi
	bahan yang dibutuhkan bersama anggota kelompok			
2	<ul style="list-style-type: none"> Siswa membuat teknologi sesuai rancangan desain yang dibuat sebelumnya 	Buat	<ul style="list-style-type: none"> Peningkatan solusi Desain manajemen proses 	
Pasca Pertemuan 2 (Di luar JP)	<ul style="list-style-type: none"> Siswa melanjutkan pembuatan produk teknologi jika belum selesai di luar jam pelajaran 			
3	<ul style="list-style-type: none"> Siswa yang sudah membuat dilanjutkan dengan menguji teknologi yang sudah selesai dibuat Siswa mengidentifikasi kelebihan serta kekurangan dari produk teknologi yang telah dibuat berdasarkan aspek-aspek keberlanjutan (lingkungan, dan ekonomi) 	Uji Coba	<ul style="list-style-type: none"> Peningkatan solusi Presentasi dan pelaporan Desain manajemen proses 	<ul style="list-style-type: none"> Mampu mengemukakan alasan dalam pemilihan solusi serta menjelaskan tahapan pengerjaan proyek dengan mengaitkan pada prinsip berkelanjutan mencakup lingkungan, sosial-budaya dan ekonomi Dalam pengerjaan proyek, mengimplementasikan nilai-nilai keberlanjutan
	<ul style="list-style-type: none"> Siswa memperbaiki desain produk teknologi yang lebih dibuat dan diuji berupa gambar desain 	Perbaiki Desain		

Pertemuan	Kegiatan	Tahapan Pembelajaran STEM	Keterampilan Rekayasa	Aksi
	<p><i>prototype</i> pada LKPD “Perbaikan Desain”</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa diberikan soal <i>post-test</i> aksi 			
Pasca Pertemuan 3 (Di luar JP)	<ul style="list-style-type: none"> Siswa melakukan perbaikan desain teknologi berdasarkan hasil evaluasi dari uji coba yang dilakukan agar optimal Siswa mengumpulkan laporan (LKPD) kepada guru 			

Pengelolaan kegiatan belajar mengajar dalam penelitian ini juga dilakukan dengan membagi peran antara guru dan siswa. Guru berperan sebagai fasilitator yang memandu jalannya kegiatan, memberikan arahan, serta menyediakan LKPD sesuai tahapan pembelajaran. Siswa berperan aktif dalam setiap tahapan, mulai dari identifikasi masalah, perancangan, pembuatan, hingga evaluasi dan perbaikan produk teknologi pemanenan air hujan. Seluruh kegiatan pembelajaran dirancang berdasarkan tahapan STEM yang diintegrasikan dengan *engineering design process* untuk mengukur keterampilan rekayasa siswa, serta disisipkan nilai-nilai *Education for Sustainable Development (ESD)* dalam setiap tahapan. Penilaian keterampilan rekayasa dilakukan menggunakan rubrik yang terintegrasi pada LKPD, sedangkan penilaian aksi siswa dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test* menggunakan kuesioner. Selain itu, LKPD setiap kelompok yang dikumpulkan pada akhir pembelajaran digunakan untuk menilai keterampilan rekayasa berdasarkan rubrik penilaian kinerja.

3.5.3 Tahap Pasca Pelaksanaan

Pada tahap pasca pelaksanaan penelitian meliputi kegiatan rekapitulasi atau penyajian dari data yang telah didapatkan, yaitu data awal (*pre-test*) dan data akhir (*post-test*). Pada tahap pengolahan data sebelum data diolah dilakukan rekapitulasi data terlebih dahulu dan membuat tabulasi data, sehingga memudahkan dalam tahapan kegiatan analisis data. Penjelasan lebih lanjut mengenai analisis statistika yang digunakan dalam penelitian dijelaskan pada subjudul analisis data. Kegiatan selanjutnya setelah mengolah dan menganalisis data, dilakukan interpretasi dan pembahasan kemudian dihubungkan dengan literatur dari penelitian sebelumnya sebagai pendukung hasil penelitian. Setelah itu, membuat penarikan kesimpulan penelitian.

3.6 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dilakukan secara deskriptif terhadap keterampilan rekayasa dan aksi siswa. Pengolahan data penelitian diuraikan lebih lengkap sebagai berikut.

3.6.1 Analisis Data Keterampilan Rekayasa

Pengolahan data keterampilan rekayasa dilakukan selama proses pembelajaran berlangsung dengan menghitung skor jawaban siswa pada Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dan mengolahnya menjadi nilai keterampilan rekayasa tertulis. Perolehan skor menjadi nilai dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor perolehan}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100$$

Nilai tersebut selanjutnya dikategorisasi berdasarkan kriteria yang dikemukakan oleh (Purwanto, 2008). Kriteria penilaian keterampilan rekayasa selanjutnya dijabarkan sebagai berikut.

Tabel 3.12 Kriteria Keterampilan Rekayasa

Persentase (%)	Kategori
86-100	Sangat Baik
76-85	Baik

Persentase (%)	Kategori
60-75	Cukup
≤ 59	Kurang

(Purwanto, 2008)

3.6.2 Analisis Data Aksi

Pengolahan data aksi siswa diambil dari hasil kuesioner data awal (*pre-test*) dan data akhir (*post-test*) aksi siswa terkait *Clean Water and Sanitation*. Kemudian, data tersebut diolah dan dianalisis menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistic versi 26 untuk dilakukan uji statistika deskriptif. Uji statistika deskriptif dilakukan untuk mengetahui data umum seperti, nilai rata-rata (mean), standar deviasi, nilai tertinggi, dan nilai terendah. Selanjutnya, data tersebut dilakukan uji Gain yang kemudian dilakukan kategorisasi menggunakan nilai *Normalize Gain* (N-Gain) untuk melihat peningkatan siswa sebelum dengan sesudah dilakukan penelitian. Uji Gain dilakukan dengan rumus :

$$Gain = Skor Post - Skor Pre$$

Selanjutnya, nilai N-Gain dilakukan dengan rumus :

$$N - Gain = \frac{Skor Post - Skor Pre}{Skor Max - Skor Pre}$$

Keterangan

N-Gain : Nilai peningkatan aksi siswa

Skor post : Skor *post-test* aksi siswa

Skor pre : Skor *pre-test* aksi siswa

Skor max : Skor maksimal aksi siswa

Peningkatan aksi siswa selanjutnya dikategorikan berdasarkan kriteria N-Gain yang dikemukakan oleh Hake (1998). Kriteria N-Gain dijabarkan sebagai berikut.

Tabel 3.13 Kriteria N-Gain

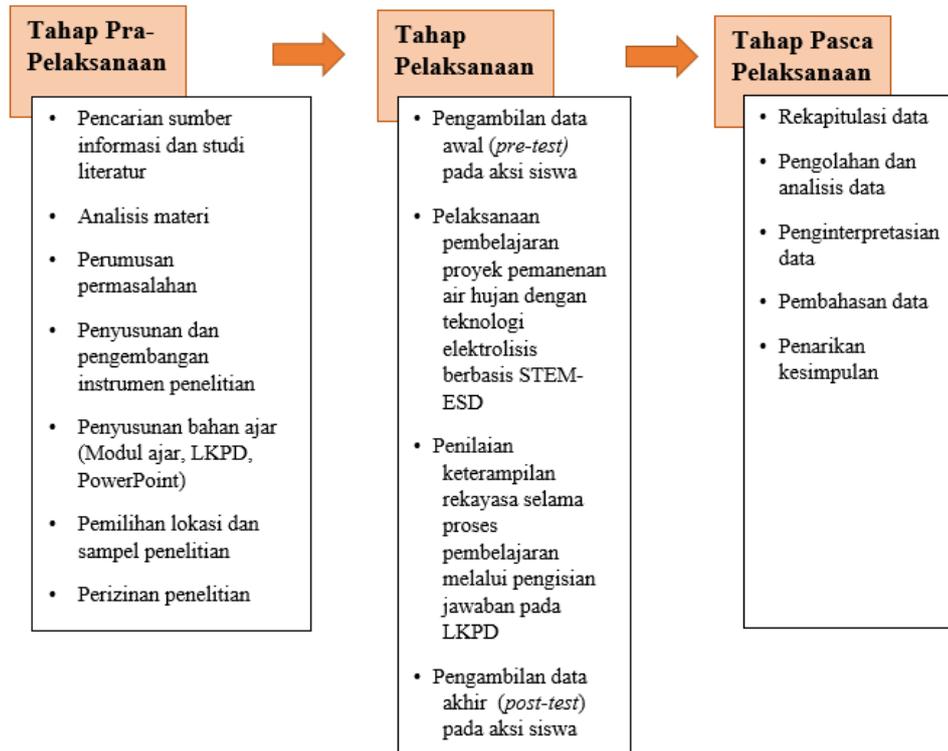
Rentang Nilai N-Gain	Kriteria
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang

Rentang Nilai N-Gain	Kriteria
$g < 0,3$	Rendah

(Hake, 1998)

3.7 Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alur penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian