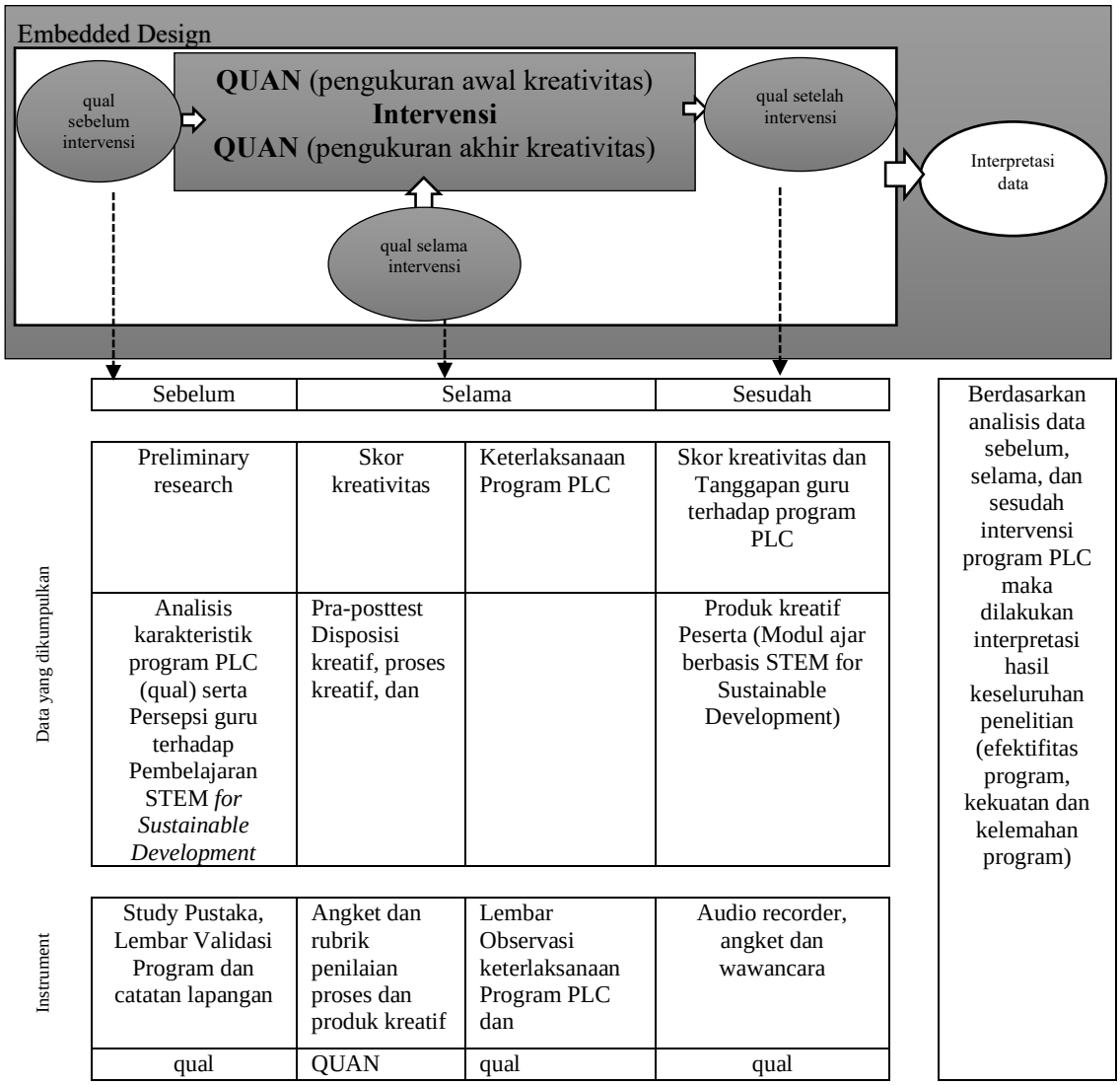
BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Metode penelitian yang telah digunakan pada penelitian ini adalah metode campuran (*mixed method*). Adapun desain yang digunakan adalah *Embedded Design* (Creswell, 2012). Desain ini memberikan ruang bagi Peneliti untuk mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif selama penelitian tunggal. Dua data set dianalisis secara terpisah, dan setiap data set tersebut menjawab pertanyaan penelitian yang berbeda. Data kuantitatif akan membahas bagaimana efektifitas intervensi program PLC berbasis TPACK terhadap kreativitas guru IPA, sedangkan data kualitatif akan menilai bagaimana peserta mengalami intervensi program PLC berbasis TPACK.

Tujuan dari pemilihan desain ini adalah eksplorasi terhadap data penelitian pendahuluan sebelum intervensi dilaksanakan. Tujuan berikutnya adalah memenuhi kelengkapan data hasil intervensi dan melakukan *follow up* setelah hasil intervensi yang didapatkan. Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan permasalahan penelitian bagaimana menumbuhkan kreativitas guru IPA meliputi disposisi kreatif, proses diskusi kreatif, dan produk kreatif dalam pembelajaran STEM *for Sustainable Development*.

Desain penelitian tertera pada Gambar 3.1. Penggunaan desain ini dianggap paling sesuai pada penelitian ini dikarenakan dapat mengumpulkan data penelitian secara bersamaan. Data penelitian terdiri dari data penelitian utama dan data penelitian pendukung. Data kuantitatif berupa disposisi kreatif, proses kreatif, dan produk kreatif. Sementara untuk dapat kualitatif meliputi karakteristik dan keterlaksanaan program *Professional Learning Community* (PLC) melalui observasi pelaksanaan program. Data kuantitatif dan kualitatif yang terhimpun akan menjadi bahan interpretasi pertumbuhan kreatif guru IPA pada pembelajaran STEM *for Sustainable Development* melalui program PLC.



Gambar 3. 1. *Embedded Design*

3.2. Subjek Penelitian dan Variabel Penelitian

Lokasi penelitian ditetapkan berdasarkan kriteria wilayah dengan tingkat implementasi pembelajaran STEM dan penggunaan alat teknologi pembelajaran yang masih memerlukan peningkatan. Dengan kriteria tersebut maka dipilihlah subjek penelitian yaitu guru-guru yang menjadi anggota Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) Mata Pelajaran IPA di Wilayah Kabupaten Sukabumi. Pemilihan wilayah ini dilaksanakan secara *purposive sampling.* Subjek penelitian adalah 24 orang guru IPA yang memiliki pengalaman mengajar 5 sampa dengan 10

tahun yang aktif mengikuti kegiatan MGMP IPA yang tersebar di 2 Sub Rayon Kabupaten Sukabumi yakni Sub Rayon Cisaat, dan Sub Rayon Cicurug.

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juni sampai dengan bulan Desember tahun 2023. Variabel penelitian ini adalah:

3.2.1. Program Professional Learning Community (PLC) berbasis TPACK.

3.2.2. Disposisi kreatif guru IPA pada pembelajaran STEM *for Sustainable Development.*

3.2.3. Proses kreatif pada saat melaksanakan diskusi kelompok pada saat program PLC berjalan.

3.2.4. Produk kreatif berupa rencana pelaksanaan pembelajaran berbasis STEM *for Sustainable Development.*

3.3. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian diperlukan untuk digunakan untuk menjawab masalah penelitian. Jenis pendekatan analisis dan instrumen pengumpulan data yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1. Intrumen Penelitian

No	Pertanyaan Penelitian	Instrumen	Pendekatan analisis
1.	Bagaimanakah karakteristik program PLC berbasis TPACK untuk menumbuhkan kreativitas Guru IPA dalam Pembelajaran STEM *for Sustainable Development*? dalam Pembelajaran STEM *for* SD?	- Forum Group Discussion (FGD) - Kuisioner analisis kebutuhan (*lampiran 15)* - Study Pustaka - Wawancara - Dokumentasi (*lampiran 36)*	- Analisis deskriptif - Trianggulasi data
2.	Bagaimanakah validitas modul ajar program PLC berbasis TPACK kreativitas Guru IPA dalam Pembelajaran STEM *for Sustainable Development?*	Lembar validasi ahli (*lampiran 16)*	Analisis *Content Validation Rasio* (CVR)
3.	Bagaimanakah keterlaksanaan program PLC berbasis TPACK dalam menumbuhkan kreativitas guru IPA dalam pembelajaran STEM *for Sustainable Development*?	- Lembar observasi keterlaksanaan (*lampiran 22)* - Catatan lapangan (*lampiran 36)*	- Analisis keterlaksanaan program - Artefak dan program ditrianggulasi dengan data catatan peserta - Analisis Core and PaPer

No	Pertanyaan Penelitian	Instrumen	Pendekatan analisis
		- Kuisioner evaluasi program (*lampiran 23)* - Core and PaPer guru (*lampiran 21)* - Audio recording (*lampiran 30)*	- Transkripsi Based Learning Analysis (TBLA)
4.	Bagaimanakah kreativitas guru IPA dalam membuat rancangan pembelajaran STEM *for Sustainable Development* sebagai efek implementasi program PLC berbasis TPACK?	- Angket disposisi kreatif (*lampiran 19)* - Audio recording proses diskusi - Lembar penilaian kreativitas peta konsep dan modul pembelajaran (*lampiran 18)*	- Analisis statistik deksriptif - Analisis N-Vivo untuk data transkrip audio - trianggulasi dengan data audio dan angket dipsosi kreatif
5.	Bagaimanakah respon guru terhadap program PLC berbasis TPACK untuk menumbuhkan Kreativitas Guru IPA	- Kuisioner dan lembar wawancara (*lampiran 23*)	Analisis deskriptif dan Analisis transkrip

Hubungan antara data yang dibutuhkan, teknik pengumpulan data, sumber data, serta instrumen yang digunakan dijelaskan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2. Hubungan Data yang Diperlukan, Teknik Pengumpulan Data, Sumber Data, dan Instrumen

No.	Data yang diperlukan	Teknik pengumpulan data	Sumber data	Instrumen
1.	TPACK	Pengisian instrumen	Guru	Core dan PaPer (*lampiran 21*)
		Pengisian instrumen kuesioner (Pra-post)	Guru	Kuesioner TPACK (*lampiran 20*)
2.	Disposisi kreatif	Pengisian angket	Guru	Angket (*lampiran 19*)
	Proses kreatif	Pengamatan rekaman audio	Guru	Rekaman Audio (*lampiran 30*)
	Produk kreatif	Penilaian peta konsep dan modul ajar	Guru	Lembar penilaian peta konsep dan modul ajar (*lampiran 18*)

No.	Data yang diperlukan	Teknik pengumpulan data	Sumber data	Instrumen
3	Keterlaksanaan program PLC	Pengamatan menggunakan lembar observasi	Implementasi program diklat, guru, peneliti	Lembar observasi dan catatan lapangan (*lampiran 22*)
4.	Tanggapan guru terhadap program PLC	Pengisian Angket dan wawancara	Guru	Angket dan instrumen wawancara (*lampiran 23*)

3.3.1. Instrumen penilaian TPACK

Instrumen untuk menilai kompetensi TPACK didapat melalui 2 cara yaitu format *Core* dan *PaPer* yang dibuat oleh guru, dan kuesioner tentang TPACK. Format Core adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 3. Isian Core dan PaPer PCK + Teknologi yang Harus diisi oleh Guru

No	Pertanyaan terkait ide/ konsep sains yang penting
1.	Apa yang ingin siswa pelajari dari konsep ini
2.	Mengapa konsep ini penting diketahui oleh siswa
3.	Hal lain dari konsep ini yang Anda ketahui tetapi belum saatnya diketahui oleh siswa
4.	Kesulitan/ keterbatasan yang berhubungan dengan cara mengajarkan konsep ini
5.	Pengetahuan awal/cara berfikir/ minat yang menjadi pertimbangan dalam mengajarkan konsep ini
6.	Faktor lain yang mempengaruhi cara Anda mengajarkan konsep ini
7.	Prosedur mengajar dan alasan khusus untuk penggunaan prosedur tersebut
8.	Cara spesifik untuk memastikan pemahaman atau kebingungan siswa mengenai konsep ini
9.	Alat teknologi apa yang dapat digunakan berkenaan materi tersebut

Instrumen *Core* dan *PaPer* ini diisi oleh guru pada saat program PLC berlangsung. Sebelum instrumen ini digunakan oleh guru, maka dilaksanakan *judgement* terlebih dahulu terhadap instrumen tersebut oleh supervisor. Setelah mendapat masukan dari supervisor, instrumen tersebut direvisi dan diujicobakan terhadap empat orang guru. Dari hasil ujicoba tersebut, diperoleh data bahwa setiap pertanyaan cukup jelas dan guru dapat menuangkan jawaban tanpa ada miskonsepsi. Adapun kuesioner mengenai TPACK menggunakan skala Likert dengan item pernyataan terdapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4. Item Pernyataan Positip Kuisioner TPACK

No	Item Pernyataan
1. 2.	CK1. Saya memiliki pengetahuan sains yang cukup CK2. Saya bisa memikirkan isi ilmu seperti ahli materi pelajaran CK3. Saya mampu mengembangkan pemahaman yang lebih dalam tentang konten ilmu pengetahuan
3.	PK1. Saya dapat memperluas pemikiran siswa saya dengan membuat tugas-tugas yang menantang untuk mereka
4. 5.	PK2. Saya mampu membimbing siswa saya untuk mengadopsi strategi pembelajaran yang tepat. PK3Saya dapat membantu siswa saya untuk memantau pembelajaran mereka sendiri
6.	PCK1. Tanpa menggunakan teknologi, saya dapat mengatasi kesalahpahaman umum siswa saya memiliki tentang sains
7.	PCK3. Tanpa menggunakan teknologi, saya dapat membantu siswa saya untuk memahami konten pengetahuan sains dalam berbagai cara
8. 9. 10. 11.	TK1. Saya memiliki keterampilan teknis untuk menggunakan komputer secara efektif. TK2 Saya bisa belajar teknologi dengan mudah TK3. Saya tahu bagaimana memecahkan masalah teknis saya sendiri saat menggunakan teknologi TK4. Saya mengikuti teknologi baru yang penting
12.	TPK1. Saya dapat menggunakan teknologi untuk memperkenalkan siswa saya ke dunia nyata skenario
13.	TPK2. Saya dapat memfasilitasi siswa saya untuk menggunakan teknologi untuk menemukan lebih banyak informasi sendiri
14.	TPK3. Saya dapat memfasilitasi siswa saya untuk menggunakan teknologi untuk merencanakan dan memantau pembelajaran mereka sendiri
15.	TPK4. Saya dapat memfasilitasi siswa saya untuk menggunakan teknologi untuk membangun berbagai bentuk representasi pengetahuan
16.	TPK5. Saya dapat memfasilitasi siswa saya untuk berkolaborasi satu sama lain menggunakan teknologi
17.	TCK1. Saya dapat menggunakan perangkat lunak yang dibuat khusus untuk sains (misalnya, data penebang untuk sains)
18.	TCK2. Saya tahu tentang teknologi yang harus saya gunakan untuk penelitian isi ilmu
19.	TCK3. Saya dapat menggunakan teknologi yang sesuai (misalnya, sumber daya multimedia, simulasi) untuk mewakili isi sains
20.	TPACK1. Saya dapat mengajarkan pelajaran yang menggabungkan sains, teknologi, dan pendekatan pengajaran
21.	TPACK2. Saya dapat memilih teknologi untuk digunakan di kelas saya yang meningkatkan apa yang saya mengajar, bagaimana saya mengajar, dan apa yang dipelajari siswa
22.	TPACK3. Saya dapat menggunakan strategi yang menggabungkan sains, teknologi, dan pengajaran pendekatan yang saya pelajari dalam kursus saya di kelas saya

No	Item Pernyataan
23.	TPACK4. Saya dapat memberikan kepemimpinan dalam membantu orang lain untuk mengoordinasikan penggunaan sains, teknologi, dan pendekatan pengajaran di sekolah dan/atau distrik saya

Pernyataan-pernyataan dalam Tabel 3.4. berfungsi untuk menilai seberapa baik seorang guru merasa memiliki dan mampu mengaplikasikan pengetahuan serta keterampilan tersebut dalam konteks pendidikan sains dan teknologi. Kode Kompetensi CK (*Content Knowledge*): Kompetensi yang terkait dengan pengetahuan konten sains. Seberapa yakin guru merasa memiliki pengetahuan yang cukup dalam bidang sains untuk mengajar siswa mereka. Selain itu, mengukur kemampuan guru untuk berpikir kritis dan mendalam seperti seorang ahli dalam materi pelajaran, serta mengembangkan pemahaman mendalam tentang konten ilmu pengetahuan.

Kode PK (*Pedagogical Knowledge*): Kompetensi yang terkait dengan pengetahuan pedagogis atau cara mengajar. Kemampuan guru untuk memperluas cara berpikir siswa mereka dengan memberikan tugas-tugas yang menantang. Kemampuan guru untuk membimbing siswa dalam mengadopsi strategi pembelajaran yang efektif dan sesuai. Kemampuan guru untuk membantu siswa dalam memantau dan mengelola pembelajaran mereka secara mandiri.

Kode PCK (*Pedagogical Content Knowledge*): Kompetensi yang menggabungkan pengetahuan konten dan pedagogis, yaitu bagaimana mengajar konten sains secara efektif. Kemampuan guru untuk mengatasi kesalahpahaman umum tentang sains yang dimiliki siswa mereka tanpa menggunakan teknologi. Kemampuan guru untuk membantu siswa memahami konten pengetahuan sains dengan berbagai metode, tanpa bantuan teknologi.

Kode TK (*Technological Knowledge*): Kompetensi yang terkait dengan pengetahuan teknis dalam menggunakan teknologi. Seberapa efektif guru dalam menggunakan keterampilan teknis untuk mengoperasikan komputer. Kemampuan guru untuk mempelajari dan memahami teknologi baru dengan cepat dan mudah. Kemampuan guru untuk memecahkan masalah teknis yang mereka hadapi saat menggunakan teknologi secara mandiri. Seberapa baik guru tetap mengikuti perkembangan teknologi baru yang relevan dan penting untuk pendidikan.

Kode TPK (*Technological Pedagogical Knowledge*): Kompetensi yang menggabungkan pengetahuan teknologi dan pedagogis, yaitu bagaimana menggunakan teknologi dalam proses pengajaran. Kemampuan guru untuk menggunakan teknologi dalam mengajarkan skenario dunia nyata kepada siswa mereka. Kemampuan guru dalam memfasilitasi siswa untuk menggunakan teknologi guna mencari dan mengakses informasi secara mandiri. Kemampuan guru dalam memfasilitasi siswa untuk menggunakan teknologi dalam merencanakan dan memantau proses belajar mereka. Kemampuan guru dalam memfasilitasi siswa untuk menggunakan teknologi guna membuat berbagai bentuk representasi pengetahuan.

Kode TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*): Kemampuan guru untuk mengajarkan pelajaran dengan integrasi sains, teknologi, dan metode pengajaran yang sesuai. Kemampuan guru untuk memilih dan menggunakan teknologi yang tepat di kelas nya untuk meningkatkan kualitas pengajaran dan pembelajaran siswa. Kemampuan guru dalam menerapkan strategi pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, dan pendekatan pengajaran yang telah dipelajari dalam kursus atau pelatihan. Kemampuan guru dalam memimpin dan membantu rekan kerja atau staf sekolah dalam mengoordinasikan penggunaan sains, teknologi, dan pendekatan pengajaran di tingkat sekolah atau distrik.

Sebelum instrumen kuesioner TPACK digunakan sebagai alat untuk pengambilan data, maka instrumen tersebut divalidasi oleh supervisor kemudian dihitung validitas dan reliabilitas nya. Instrumen TPACK disebarkan kepada 245 orang guru IPA di Kabupaten Sukabumi. Setelah pengisian angket terkumpul dilakukan uji validitas dan reliabilitas menggunakan model Rasch. Hasil uji validitas menggunakan Rasch tertera pada Tabel 3.5. berikut ini:

Tabel 3. 5. Hasil Uji Validitas Item Menggunakan Model Rasch

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD	PTMEASUR-AL CORR.	PTMEASUR-AL EXP.	EXACT MATCH OBS%	EXACT MATCH EXP%	Item
14	779	245	1.34	.12	1.91	7.87	1.95	7.95	A .55	.75	62.4	63.7	I14
19	734	245	1.95	.12	1.60	5.53	1.64	5.72	B .65	.76	49.2	63.1	I19
10	833	245	.59	.12	1.47	4.41	1.44	4.07	C .63	.75	61.6	65.4	I10
12	973	245	-1.45	.12	1.37	3.86	1.38	3.29	D .66	.71	63.2	64.1	I12
13	915	245	-.60	.12	1.10	1.08	1.09	.91	E .72	.73	67.8	65.6	I13
2	822	245	.74	.12	1.09	.96	1.08	.87	F .67	.75	67.4	65.1	I2
3	867	245	.10	.12	1.06	.67	1.06	.66	G .73	.74	66.9	66.1	I3
1	899	245	-.37	.12	.82	-2.02	1.00	.06	H .71	.74	72.3	66.1	I1
16	908	245	-.50	.12	.96	-.36	.97	-.32	I .75	.73	65.7	65.8	I16
15	945	245	-1.03	.12	.93	-.83	.91	-.88	J .76	.72	70.7	64.7	I15
17	893	245	-.28	.12	.92	-.89	.91	-.91	K .77	.74	71.9	66.1	I17
6	900	245	-.38	.12	.91	-1.02	.91	-.97	L .75	.74	68.2	66.1	I6
9	925	245	-.74	.12	.89	-1.29	.90	-1.00	k .74	.73	69.4	65.3	I9
11	886	245	-.18	.12	.88	-1.31	.87	-1.35	j .78	.74	73.6	66.2	I11
18	848	245	.37	.12	.86	-1.49	.85	-1.59	i .78	.75	70.7	65.8	I18
7	876	245	-.03	.12	.85	-1.60	.85	-1.59	h .77	.74	71.5	66.1	I7
5	893	245	-.28	.12	.82	-2.01	.81	-2.01	g .78	.74	72.7	66.1	I5
20	853	245	.30	.12	.81	-2.13	.80	-2.12	f .81	.75	70.7	65.8	I20
8	926	245	-.76	.12	.79	-2.47	.79	-2.31	e .79	.73	71.1	65.2	I8
4	880	245	-.09	.12	.75	-2.97	.73	-3.00	d .80	.74	72.7	66.2	I4
21	849	245	.36	.12	.69	-3.63	.68	-3.69	c .82	.75	75.2	65.8	I21
23	848	245	.37	.12	.67	-3.89	.66	-3.92	b .84	.75	77.3	65.8	I23
22	835	245	.56	.12	.65	-4.23	.64	-4.23	a .83	.75	76.4	65.4	I22
MEAN	873.3	245.0	.00	.12	.99	-.34	1.00	-.28			69.1	65.5	
P.SD	52.0	.0	.74	.00	.31	3.03	.32	2.98			5.9	.8	

Tabel 3.5. menunjukkan nilai INFIT dan OUTFIT MNSQ (*Mean Square*) dari item fit. Analisis kecocokan merujuk pada nilai tersebut. Observasi pada indeks nilai MNSQ menunjukkan tingkat validitas *construct* dan validitas laten. Item dinyatakan valid jika Nilai OUTFIT MNSQ berada pada rentang 0.6 sampai dengan 1.4. Nilai OUTFIT harus diberikan penekanan lebih dibanding nilai INFIT dalam menghitung kesesuaian item pada validitas *construct*. Jika nilai OUTFIT MNSQ satu item menunjukkan diatas 1.4, maka item tersebut membingungkan responden, sedangkan jika nilainya dibawah 0,6 maka item tersebut terlalu mudah seperti yang diharapkan responden. Selain itu, Nilai validitas item ditentukan oleh nilai INFIT dan OUTFIT ZSTD dimana nilainya harus berada dalam rentang -2 hingga +2. Namun, jika nilai INFIT dan OUTFIT MNSQ diterima, maka indeks ZSTD dapat diabaikan Item Kuesioner TPACK berjumlah 23 item. Nilai OUTFIT MNSQ berada di kisaran 0.6 sampai dengan 1.95. Item I10, I14, dan I19 memiliki nilai diatas 1.4 namun masih diterima karena nilai ZSTD dan PTMEASUR CORR masih pada rentang valid. Berdasarkan hasil tersebut maka semua item kuesioner TPACK dinyatakan valid.

Nilai reliabilitas item kuesioner TPACK didapat menggunakan model Rasch sebagaimana tertera pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6. Relabilitas Item Kuisioner TPACK

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD
MEAN	82.0	23.0	1.77	.41				
SEM	.9	.0	.14	.01				
P.SD	13.8	.0	2.16	.17				
S.SD	13.9	.0	2.17	.17				
MAX.	115.0	23.0	9.42	1.84				
MIN.	38.0	23.0	-4.12	.33				

REAL RMSE .49 TRUE SD 2.11 SEPARATION 4.33 Person RELIABILITY .95
MODEL RMSE .44 TRUE SD 2.12 SEPARATION 4.79 Person RELIABILITY .96
S.E. OF Person MEAN = .14

Berdasarkan Tabel 3.6. Nilai person reliability sebesar 0,96. Nilai reliabilitas tersebut berada pada kategori tinggi atau high berdasarkan tabel kategorisasi Cronbach Alpha. Dengan demikian, 23 item pernyataan kuesioner TPACK untuk guru telah dinyatakan valid dan reliabel untuk digunakan sebagai instrumen penelitian.

3.3.2. Instrumen Penilaian Kreativitas

Penilaian ini termasuk kuesioner diposisi kreatif, rekaman audio sesi kelas pada saat program berlangsung, wawancara dengan guru, sampel produk teknologi guru, dan produk perangkat pembelajaran yang dihasilkan guru. Analisis data yang dikumpulkan memandu penyempurnaan kerangka pedagogi program PLC, materi instruksional, dan kurikulum, bersama dengan peningkatan alat dan sumber daya yang tersedia di platform kursus.

3.3.2.1. Disposisi Kreatif

Disposisi kreatif yang dimaksudkan adalah kebiasaan berpikir kreatif guru ketika menghadapi permasalahan. Disposisi kreatif guru diadaptasi dari Lucas, yang meliputi lima dimensi yakni *inquisitive, persistent, imaginative, collaboration,* dan *discipline* (Lucas et al., 2015). Masing-masing dimensi terdapat beberapa sub indikator sehingga jumlah keseluruhan ada 15 indikator dan dibuatkan pernyataan menjadi 29 pernyataan. Pernyataan tersebut tertuang pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7. Instrumen Disposisi Kreatif Guru

No	Indikator	Pernyataan
1	*Inquisitive* (Punya rasa ingin tahu yang tinggi).	Saya merasa penasaran pada informasi terkait topik SDGs dan pembelajaran STEM yang menarik dan berupaya mengetahuinya lebih lanjut.
2		Saya suka bertanya tentang sesuatu terkait pembelajaran STEM dan SDGs yang belum Anda ketahui.
3		Saya berupaya mencari informasi tentang topik pembelajaran STEM yang terkait SDGs yang menarik minat Anda.
4		Saya berupaya melakukan penyelidikan untuk mendapat jawaban terhadap fenomena/ kejadian alam yang menarik di alam atau di dalam kelas.
5		Saya tidak mudah dipercaya terhadap apa yang Anda dengar terkait kejadian/ fenomena sebelum melihat dan membuktikannya.
6		Saya berupaya mencari bukti-bukti atas informasi terkait permasalahan SDGs yang saya dengar.
7	*Persistent* (tidak mudah menyerah).	Saya berupaya memberikan pendapat atau ide-ide Pembelajaran STEM dan topik-topik SDGs meskipun dalam situasi sulit.
8		Saya terus mencoba sampai berhasil dari kegagalan-kegagalan yang saya alami.
9		Saya berani mencoba hal-hal baru dalam pembelajaran STEM.
10		Saya tetap percaya diri walaupun berbeda pendapat dengan orang lain.
11		Saya menerima suatu ketidakpastian (masalah) dalam pembelajaran di kelas sebagai peluang untuk mendapat sesuatu yang baru.
12	*Imaginative* (Punya imaginasi yang tinggi).	Saya memikirkan gagasan atau cara-cara baru untuk menghadapi melasah atau sesuatu hal yang tidak pasti dalam pembelajaran STEM dan pencapaian SDGs.
13		Saya memiliki Kemampuan memanipulasi suatu ide atau gagasan pembelajaran STEM yang sedang berkembang menjadi sesuatu yang berbeda.
14		Kemampuan menyelesaikan masalah pembelajaran STEM dengan menggunakan banyak ide.
15		Saya memiliki kemampuan memadukan berbagai ide pembelajaran STEM menjadi suatu karya yang baru.
16		Saya berkemampuan menggunakan banyak konsep dalam menyelesaikan suatu masalah pembelajaran STEM.
17		Saya menggunakan intuisi (kata hati) dalam memecahkan masalah pembelajaran STEM.
18		Saya menggunakan pengalaman dalam mengatasi permasalahan pembelajaran STEM.
19		Saya suka bekerjasama dengan orang lain.

No	Indikator	Pernyataan
20	*Collaborative* (dapat bekerja sama).	Saya berupaya beradaptasi (menyesuaikan diri) pada kegiatan yang dilakukan secara berkelompok.
21		Saya berupaya memberikan masukan atau saran terkait pembelajaran STEM kepada orang lain.
22		Saya terbuka dalam menerima masukan dan saran orang lain.
23		Saya bersedia meluangkan waktu kepada orang lain untuk berbagi pengetahuan atau keterampilan pedagogi yang saya kuasai.
24	*Discipline* (Menguasai bidang ilmu).	Saya dapat membuat produk pembelajaran inovatif dengan menggunakan konsep keilmuan yang benar.
25		Saya berupaya memperbaiki suatu produk pembelajaran STEM menjadi produk baru yang berbeda dengan aslinya.
26		Saya berusaha mengembangkan atau menguasai teknik pembelajaran STEM untuk menciptakan hasil karya baru
27		Saya berupaya merubah sesuatu dalam pembelajaran STEM yang sifatnya rutinitas menjadi suatu yang tidak biasa.
28		Saya melalukan refleksi atau perenungan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan hasil karya yang dibuat.
29		Saya berusaha memperbaiki hasil karya yang Anda hasilkan berdasarkan pengalaman sebelumnya.

Instrumen angket ini diadaptasi dari Lucas, kemudian disesuaikan dengan konteks guru. Setiap pernyataan di validasi oleh promotor. Setelah mendapatkan hasil, kemudian dilakukan revisi terhadap semua item pernyataan tersebut. Instrumen ini kemudian diujicobakan kepada 90 orang guru. Jawaban dari 90 orang guru tersebut dikumpulkan. Kemudian, dilakukan analisis tingkat validitas dan reliabilitas nya menggunakan model Rush. Hasil analisis tersebut tertera pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8. Hasil Validasi Instrumen Disposisi Kreatif Menggunakan Model Rasch

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD	PTMEASUR-AL CORR.	PTMEASUR-AL EXP.	EXACT MATCH OBS%	EXACT MATCH EXP%	Item
19	402	90	-1.73	.23	1.35	2.04	4.71	5.61	A .54	.62	70.4	69.8	Q19
17	316	90	1.89	.19	2.72	7.39	2.90	7.68	B .55	.80	42.0	60.9	Q17
1	390	90	-1.14	.22	.81	-1.31	2.27	3.40	C .68	.66	69.1	66.4	Q1
20	399	90	-1.58	.22	1.23	1.40	1.38	1.10	D .60	.63	74.1	68.3	Q20
5	359	90	.23	.21	1.20	1.19	1.29	1.45	E .69	.75	61.7	65.2	Q5
22	406	90	-1.94	.23	1.21	1.27	.98	.09	F .59	.60	71.6	71.5	Q22
11	368	90	-.15	.21	1.18	1.11	1.12	.61	G .71	.73	64.2	65.4	Q11
18	355	90	.40	.20	1.16	.93	1.13	.74	H .71	.75	59.3	65.4	Q18
10	368	90	-.15	.21	1.05	.35	1.11	.59	I .71	.73	61.7	65.4	Q10
23	389	90	-1.09	.22	1.05	.40	1.11	.49	J .66	.67	64.2	66.2	Q23
24	358	90	.27	.20	1.09	.57	1.02	.18	K .77	.75	69.1	65.3	Q24
27	334	90	1.24	.19	1.07	.44	1.08	.49	L .77	.79	59.3	64.0	Q27
13	332	90	1.31	.19	.92	-.42	1.05	.36	M .78	.79	65.4	63.7	Q13
25	341	90	.97	.20	.98	-.04	.95	-.20	N .79	.78	71.6	65.0	Q25
15	347	90	.73	.20	.95	-.24	.91	-.44	O .79	.77	64.2	65.6	Q15
29	387	90	-1.00	.22	.91	-.54	.88	-.36	n .69	.67	72.8	66.0	Q29
26	353	90	.48	.20	.90	-.54	.86	-.71	m .79	.76	74.1	65.3	Q26
14	351	90	.56	.20	.83	-.98	.83	-.92	l .79	.76	69.1	65.4	Q14
16	345	90	.81	.20	.82	-1.06	.81	-1.09	k .80	.77	72.8	65.6	Q16
12	358	90	.27	.20	.81	-1.19	.77	-1.25	j .80	.75	71.6	65.3	Q12
21	369	90	-.19	.21	.79	-1.36	.73	-1.37	i .77	.72	70.4	65.2	Q21
8	363	90	.06	.21	.78	-1.40	.75	-1.31	h .78	.74	66.7	65.4	Q8
9	369	90	-.19	.21	.78	-1.41	.77	-1.15	g .77	.72	70.4	65.2	Q9
6	358	90	.27	.20	.75	-1.61	.71	-1.64	f .79	.75	76.5	65.3	Q6
7	334	90	1.24	.19	.75	-1.59	.73	-1.63	e .82	.79	67.9	64.0	Q7
3	377	90	-.55	.21	.72	-1.94	.66	-1.61	d .76	.70	75.3	64.9	Q3
2	373	90	-.37	.21	.66	-2.43	.62	-1.98	c .78	.71	75.3	65.0	Q2
28	376	90	-.50	.21	.63	-2.69	.60	-2.03	b .77	.71	75.3	64.9	Q28
4	368	90	-.15	.21	.62	-2.66	.59	-2.27	a .79	.73	74.1	65.4	Q4
MEAN	363.6	90.0	.00	.21	.99	-.22	1.15	.10			68.3	65.6	
P.SD	21.6	.0	.93	.01	.38	1.91	.83	2.18			7.0	1.8	

Data pada Table 3.8. menunjukkan bahwa hanya 3 item yaitu item Q19, Q17, dan Q1 yang tidak masuk kriteria valid karena nilai OUTFIT MNSQ lebih dari 1.4 serta nilai ZSTD diatas +2. Kedua nilai tersebut mempengaruhi nilai validitas pada item tersebut. Dengan demikian, item Q19, Q17, dan Q1 tidak digunakan.

Setelah dilakukan uji validitas item menggunakan model Rash, maka dilanjutkan dengan analisis reliabilitas nya dengan menggunakan model Rash. Nilai item tersebut sangat reliabel jika memiliki nilai diatas 0.9 sebagaimana telah disampaikan pada pembahasan sebelumnya. Nilai Reliabilitas tertera pada Tabel 3.9.

Tabel 3. 9. Nilai Reliabilitas Item Disposisi Kreatif

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD
MEAN	117.2	29.0	3.19	.51				
SEM	1.9	.0	.29	.05				
P.SD	17.6	.0	2.69	.46				
S.SD	17.7	.0	2.71	.46				
MAX.	145.0	29.0	9.03	1.84				
MIN.	83.0	29.0	-.86	.29				

REAL RMSE	.71	TRUE SD	2.60	SEPARATION	3.67	Person RELIABILITY	.93
MODEL RMSE	.69	TRUE SD	2.60	SEPARATION	3.79	Person RELIABILITY	.93

S.E. OF Person MEAN = .29

Berdasarkan Tabel 3.9. Nilai reliabilitas person adalah 0.93. Dimana artinya nilai reliabilitas semua item pada kategori sangat tinggi.

3.3.2.2.Proses Kreatif

Proses kreatif yang dimaksud adalah audio diskusi kreatif yang dilaksanakan guru ketika program PLC berlangsung. Data *audio recorder* tersebut kemudian dibuat menjadi catatan transkrip percakapan. Catatan transkrip tersebut kemudian dianalisis menggunakan NVIVO.

3.3.2.3.Produk Kreatif

Produk kreatif meliputi peta konsep dan modul ajar.

3.3.2.3.1. Peta Konsep

Instrumen yang dikembangkan untuk menilai peta konsep. Instrumen dikembangkan berdasarkan kriteria kreativitas yang dikembangkan oleh Bessmer dan O' Quin. Tabel 3.10 merupakan rubrik untuk instrumen kreativitas dengan kriteria terdiri atas *Fluency* (kemampuan berpikir lancar), *Flexibility* (kemampuan berpikir luwes), *Originality* (kemampuan berpikir asli), *Elaboration* (kemampuan berpikir terperinci), dan *Sensitivity of Problem* (peka terhadap masalah)(Besemer & O'Quin, 1986).

Tabel 3. 10. Rubrik dan Skor Instrumen Penilaian Produk Kreatif Media Arduino untuk Pembelajaran STEM for Sustainable Development

Aspek Penilaian	Skor	Kriteria Kreativitas
Desain	1	Guru membuat beragam desain penerapan Arduino dalam kehidupan sehari-hari (Fluency)

Aspek Penilaian	Skor	Kriteria Kreativitas
	1	Desain produk Arduino yang dibuat relevan dengan permasalahan pada SDGs (Flexibility)
	1	Desain produk Arduino yang dibuat berbeda dengan desain yang ada (originality)
Produk	1	Menggunakan beragam bahan yang lebih mudah dijangkau dan murah (fluency)
	1	Menggunakan alat yang tersedia (flexibility)
	1	Produk yang dibuat unik (originality)
Peningkatan kualitas produk	1	Guru melaksanakan minimal 2 kali perbaikan produk (fluency)
	1	Guru menggunakan referensi (ekonomis, sosial budaya, dan lingkungan) untuk menguji dan memperbaiki produk (flexibility)
	1	Produk yang dihasilkan lebih unik (originality)
Relevansi dengan pembelajaran STEM dan konteks *Sustainable Development Goals (SDGs)*	1	Produk yang dihasilkan relevan secara ekonomis, lingkungan dan sosial budaya (flexibility)
	1	Produk yang dihasilkan relevan pembelajaran STEM (flexibility)
	1	Produk yang dihasilkan relevan dengan beberapa target SDGs (Fluency)

3.3.2.3.2. Instrumen Penilaian Kreativitas Guru dalam Pengembangan Modul Ajar

Kriteria penggunaan tema pada konteks-konteks masalah pada SDGs, STEM (proses sains dan praktek *engineer*), dan produk pembelajaran peserta didik digunakan sebagai aspek penilaian modul ajar yang disusun oleh guru. Aspek-aspek penilaian dalam modul ajar yang dibuat oleh guru tercantum pada Tabel 3.11. Indikator setiap aspek dari produk kreatif tersebut dikembangkan dengan menghubungkan konteks SDGs dan komponen modul ajar**.**

Tabel 3. 11. Aspek Kreativitas pada Perangkat Pembelajaran STEM for SD

Aspek Penilaian	Skor	Kriteria Kreativitas
Tema	1	Guru mempersiapkan tema yang luwes (*Fluency*)
	1	Guru menggunakan tema yang variatif awal yang terkait dengan permasalahan yang akan diselidiki (*flexibility)*
	1	Guru menggunakan tema yang unik (*originality*)

Aspek Penilaian	Skor	Kriteria Kreativitas
Observasi Fenomena	1	Guru menggunakan beberapa fenomena (*fluency*)
	1	Guru mengaitkan fenomena alam dengan permasalahan yang akan diselidiki (*flexibility*)
	1	Guru menyajikan fenomena yang unik dan berbeda dari peserta lainnya (*originality)*
Proses Sains	1	Guru menyajikan kesempatan siswa untuk melaksanakan beberapa proses sains dalam kegiatan belajarnya (*fluency)*
	1	Guru menyajikan proses sains yang beragam sesuai dengan konteks permasalahan (f*lexibility)*
	1	Guru menyajikan proses sains yang berbeda dari kelompok lain (*originality*)
Praktek Engineering	1	Guru menyajikan praktek engineering dengan beberapa contoh *(fluency*)
	1	Guru menyajikan praktek engineering yang variatif sesuai dengan kebutuhan peserta didik (*flexibility*)
	1	Guru mengarahkan siswa praktek engineering yang unik dan berbeda dari peserta lain (*originality*)
Produk pembelajaran	1	Guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghasilkan beberapa produk (*fluency*)
	1	Guru mengarahkan siswa untuk menciptakan beragam produk *(flexibility*)
	1	Guru mengarahkan siswa untuk membuat produk yang original (*Originality*)

3.3.3. Keterlaksanaan Program PLC

Pedoman observasi dalam penelitian ini meliputi panduan untuk mengamati kegiatan diklat yang dirancang untuk mengevaluasi keberhasilan pelaksanaan pembelajaran, seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.12. Aspek-aspek yang diamati meliputi: 1) penyampaian materi diklat; 2) peran fasilitator; 3) kesesuaian perencanaan pembelajaran; 4) partisipasi aktif peserta diklat; serta 5) ketersediaan alat dan bahan pembelajaran. Penilaian dilakukan dengan memilih "ya" untuk indikator yang memenuhi kriteria dan "tidak" untuk yang tidak, serta menambahkan catatan jika ada kejadian atau kondisi khusus selama pembelajaran.

Tabel 3. 12. Aspek pada Instrumen Pedoman Observasi Diklat

No	Aspek yang Diamati
1	Kesesuaian materi

2	Fasilitator
3	Kesesuaian perencanaan dengan pelaksanaan
4	Proses pembelajaran
5	Fasilitas pembelajaran
	Jumlah

3.3.4 Angket Tanggapan guru terhadap Program PLC

Dalam program ini, angket diberikan kepada guru-guru setelah mengikuti program. Aspek-aspek yang terdapat dalam angket ini bertujuan untuk mengetahui tanggapan mereka selama mengikuti diklat ditampilkan pada Tabel 3.13..

Butir pernyataan yang dikembangkan dalam angket untuk respon guru terhadap pelaksanaan diklat adalah: Peran Fasilitator Pelaksanaan Pembelajaran; Proses Pelaksanaan Pembelajaran; dan Manfaat Program Bagi Peserta. Peserta memberikan respon terhadap setiap pernyataan dengan memilih satu di antara 4 pilihan, yaitu SS = Sangat Setuju, S = Setuju, TS = Tidak Setuju, dan STS = Sangat Tidak Setuju.

Tabel 3. 13. Aspek Respon Peserta Terhadap Pelaksanaan Program PLC

No	Aspek Pernyataan
1.	Penilaian terhadap Fasilitator
2.	Proses Pelaksanaan Program
3.	Manfaat Program bagi Peserta

3.4. Prosedur Penelitian

Prosedur meliputi fase persiapan, implementasi dan evaluasi. Berikut ini penjelasan nya:

3.4.1. Fase Persiapan

Fase Persiapan meliputi identifikasi kebutuhan, studi kepustakaan, survey, dan perancangan program,

3.4.1.1.Identifikasi Kebutuhan dalam Pengembangan Program

Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan pengembangan program. Prosedur lengkap penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2. Langkah awal penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan kompetensi guru-guru IPA

dalam mengembangkan pembelajaran STEM for Sustainable Development. Tahap awal penelitian ini mencakup studi literatur dan survei lapangan..

3.4.1.2.Studi Kepustakaan

Studi literatur bertujuan untuk menelaah dasar-dasar teoretis dari produk penelitian yang dihasilkan serta penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan produk tersebut. Aspek-aspek yang dikaji dalam studi literatur mencakup kriteria program PLC berbasis TPACK, penerapan pembelajaran STEM untuk Pembangunan Berkelanjutan, indikator penilaian disposisi kreatif, indikator TPACK, indikator proses diskusi kreatif, indikator penilaian kreativitas dalam produk perangkat pembelajaran STEM, serta penggunaan teknologi dalam pembelajaran yang telah dikembangkan oleh lembaga diklat guru IPA sebelumnya. (Paparistodemou, 2024).

3.4.1.3.Survey Lapangan

Survei lapangan dilakukan dengan mengumpulkan informasi melalui pengisian kuesioner berbentuk pertanyaan terbuka oleh guru-guru IPA, wawancara terstruktur dengan Kepala Dinas Pendidikan Kab. Sukabumi, staf BRIN, PTP PPPPTK IPA Bandung/BBGP Jawa Barat, serta kajian dokumen program diklat di lembaga pelatihan guru IPA. Pengumpulan data ini merupakan bagian dari kegiatan kualitatif yang bertujuan untuk menggali pandangan guru-guru IPA mengenai pembelajaran IPA yang umum dilakukan, pemahaman mereka tentang TPACK, dan pembelajaran STEM.

Data dikumpulkan dari 132 guru IPA dengan tujuan mengidentifikasi jenis-jenis program pendidikan dan pelatihan yang diikuti oleh guru IPA serta kompetensi yang dikembangkan dari masing-masing program. Hal ini bertujuan untuk mengetahui program-program yang berkaitan dengan STEM yang belum pernah dikembangkan. Selain itu, hasil studi ini juga menunjukkan bahwa lembaga pendidikan dan pelatihan guru belum pernah merancang program diklat berbasis TPACK yang terintegrasi dengan PLC untuk mendukung pembelajaran STEM *for Sustainable Development*.

3.4.1.4.Perancangan Program

Perancangan program PLC berbasis TPACK melibatkan serangkaian kajian yang terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: menetapkan tujuan, merumuskan kompetensi guru, menyusun materi, merancang strategi program PLC, dan menyusun instrumen penelitian, termasuk disposisi kreatif, observasi proses diskusi kreatif, penilaian produk kreatif, serta kuesioner TPACK. Langkah pertama adalah menetapkan tujuan program, yang ditentukan oleh peneliti berdasarkan analisis literatur dan hasil analisis kebutuhan diklat dari guru IPA.

Berdasarkan kajian literatur, topik utama yang diusulkan untuk modul ajar dalam tahap perencanaan adalah: (a) memahami tujuan dan maksud dari lingkungan belajar mengajar dengan pendekatan STEM, (b) penyempurnaan kurikulum dan sumber daya, (c) pengembangan budaya kelas yang positif, dan (d) mengidentifikasi dan memecahkan masalah tantangan mengajar di ruang belajar informal. Topik-topik ini dipilih berdasarkan kebutuhan yang diidentifikasi oleh peneliti melalui wawancara dengan anggota MGMP IPA, refleksi bersama oleh peneliti, supervisor, dan calon fasilitator dari MGPM IPA mengenai produktivitas dari topik-topik pertemuan yang dilaksanakan, dan diperkuat oleh penelitian tentang program yang ada untuk guru IPA yang menerapkan STEM.

Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi kompetensi-kompetensi yang perlu ditingkatkan guna mencapai tujuan program diklat. Pemilihan kompetensi ini didasarkan pada kebutuhan guru IPA dalam mengintegrasikan STEM ke dalam pembelajaran yang sesuai dengan konteks Sustainable Development Goals (SDGs). Langkah berikutnya adalah tahap ketiga, yaitu menyusun materi program PLC untuk setiap mata program berdasarkan kompetensi yang telah ditetapkan, yang disusun dalam bentuk modul ajar diklat dan lembar kerja (LK).

Untuk mencapai tujuan, langkah berikutnya adalah menentukan strategi program PLC yang menjadi panduan aktivitas pembelajaran selama pelaksanaan program. Setelah itu, dikembangkan instrumen evaluasi yang mencakup perumusan indikator dan kriteria keberhasilan, yang berfungsi untuk mengukur pencapaian tujuan serta memberikan umpan balik terkait pelaksanaan program. Pengembangan

instrumen evaluasi mencakup perancangan alat ukur untuk menilai keberhasilan setiap indikator dan uji coba instrumen.

Desain program PLC berbasis TPACK yang dirancang terdiri atas desain pelatihan utama dan desain pelatihan pendamping. Terdapat empat tahapan pada desain pelatihan utama yang disesuaikan dengan budaya dan karakteristik dari PLC, yaitu *siklus inquiry meliputi set goal, learning individual dan collaboratively, lesson study* dan *monitoring & evaluate* (Kavanagh et al., 2022). Tahapan pelatihan ini didesain sedemikian rupa dengan berupaya mempertimbangkan karakteristik PLC dan runutan tahapan berpikir pada fasilitator dan peserta pelatihan. Manajemen kegiatan memperhatikan karakteristik PLC yakni kolaboratif, fokus pemecahan masalah kolektif komunitas, fokus pada pembelajaran siswa, dialog reflektif dan diprivatisasi praktek pembelajaran (*plan, do,* dan *see*). Munculnya tahapan ***set goal*** di awal pelatihan, serta adanya tahapan ***evaluasi*** sebelum akhir pelatihan merupakan keunggulan dari desain pelatihan utama yang ditawarkan. Adanya tahapan monitoring dan evaluasi diakhir pelatihan menunjukan bahwa suatu program pelatihan harus dapat diukur keterdapatannya serta diperoleh umpan balik untuk perbaikan berkelanjutan. Sebagaimana digambarkan pada Table 3.16.

Tabel 3. 14. Deskripsi Program PLC berbasis TPACK

Aktivitas	Deskripsi	Meeting					
		1	2	3	4	5	6
Pendahuluan	Pembukaan dan penjelasan program	X					
Set Goal	Penyusunan visi bersama		X				
Learning Individual dan collaboratively	Pelaksanaan workshop STEM ESD (Proses sains) Praktek Engineer Dan pengembangan perangkat pembelajaran			X	X	X	
Lesson Study	Gerakan buka kelas						X
Monitoring and evaluate	Refleksi						X

Tahap *set goal* melalui modul LMS merupakan tahapan awal dari pelatihan. Pada tahapan ini, fasilitator akan mengajak peserta pelatihan untuk mengenal rencana garis besar pelatihan yang akan diikuti. Seperti namanya, tahap orientasi,

peserta diharapkan mampu menetapkan sikap yang tepat dan benar mengenai arah pelatihan yang akan dilaksanakan. Peserta diarahkan untuk mengedepankan *collaborative learning,* difokuskan pada permasalahan dan pemecahan masalah komunitas. Pada tahap ini juga peserta pelatihan dibawa untuk melakukan evaluasi diri dengan cara mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan strategi pembelajaran dan integrasi STEM yang selama ini dijalankan. Dari tahap ini diharapkan peserta pelatihan dapat menentukan dimana posisi atau level kemampuan TPACK dan kreativitas nya. Peserta diarahkan untuk melaksanakan dialog reflektif terhadap pembelajaran yang telah dilaksanakan.

Tahap kedua adalah *learning individual dan collaboratively* pada pertemuan daring dan luring. Tahap ini mendorong peserta pelatihan mampu mengidentifikasi kesesuaian pembelajaran STEM for SD dengan peserta didik, kolega, orangtua, dan masyarakat umum sesuai konteks sekolah masing-masing. Membaca kembali modul-modul yang ada di LMS secara *asynchronous*. Pada tahap ini juga peserta melakukan pertemuan luring (*workshop* 40 Jp) dengan tujuan menyusun tujuan dari lesson study, menyusun strategi penyelesaian masalah pada fase sebelumnya (set goal), penyusunan perangkat pembelajaran untuk open class lesson study untuk merancang kerangka modifikasi strategi pembelajaran STEM *for Sustainable Development* dengan mengintegrasikan teknologi dan memperoleh masukan terkait modifikasi teknik menggunakan beragam teknologi tersebut.

Tahap selanjutnya atau tahap ketiga adalah *lesson study*. Pada tahap ini peserta pelatihan mempraktekkan pembelajaran STEM *for Sustainable Development* yang efektif menggunakan teknologi yang mendukung dalam proses pembelajaran di kelas. Semua proses implementasi ini direkam atau didokumentasikan dalam bentuk video rekaman kegiatan. Guru melakukan kunjungan terhadap guru lainnya untuk melaksanakan observasi pembelajaran dan melaksanakan dialog reflektif terhadap implementasi pembelajaran yang sudah dilaksanakan.

Tahap terakhir adalah *monitoring* & *evaluate*, Pada tahap ini peserta melakukan identifikasi kelebihan dan kekurangan implementasi teknik komunikasi efektif melalui rekaman video yang diambil pada proses pembelajaran. Peserta

dapat juga melakukan *post-test* terhadap siswa untuk melihat kemajuan belajar siswa, dan peserta dapat melakukan diskusi dengan fasilitator terkait kelebihan dan kekurangan implementasi lesson study yang telah dilaksanakan, dan peserta dinilai kemajuan belajarnya oleh panitia.

Desain pelatihan pendamping terdiri atas empat tahapan yaitu Mengenali Diri, Menetapkan Tujuan, Adaptasi, Evaluasi Diri. Desain pelatihan pendamping ini disusun untuk memastikan peserta pelatihan tidak berhenti untuk terus mengembangkan diri dalam pembelajaran STEM *for Sustainable Development* setelah mengikuti pelatihan utama. Keunggulan desain pelatihan pendamping ini adalah adanya pembekalan kemampuan peserta untuk mengenali potensi dirinya, terbiasa menetapkan target atau tujuan, mampu beradaptasi terhadap perkembangan zaman, menjadi pembelajar sepanjang hayat, dan mampu melakukan evaluasi diri menggunakan teknik yang tepat.

Tahap Mengenali Diri merupakan tahap awal. Pada tahap ini, fasilitator meminta peserta untuk mengisi skala penerimaan diri dan daftar kebutuhan belajar untuk diri sendiri dalam mengembangkan kompetensi pedagogi dan profesional. Tahap kedua adalah Menetapkan Tujuan. Pada tahap ini, peserta diminta menuliskan tujuan yang ingin dicapai dalam mengembangkan kompetensi pedagogi dan profesional dalam jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang serta merumuskan langkah-langkah yang akan ditempuh untuk mencapai tujuan tersebut. Tahap ketiga adalah tahap Adaptasi. Pada tahap ini diharapkan peserta memahami pentingnya untuk terus beradaptasi mengikuti perkembangan zaman dan terus belajar sepanjang hayat. Tahap terakhir atau tahap keempat adalah Evaluasi Diri. Pada tahap ini fasilitator memastikan peserta memiliki sikap untuk terbiasa melakukan evaluasi diri secara terus menerus menggunakan teknik evaluasi yang tepat.

3.4.1.6.Pengembangan Program

Setelah program direncanakan, langkah berikutnya adalah menyusun prosedur pelaksanaan program PLC. Prosedur ini mencakup perumusan aktivitas pembelajaran yang akan diikuti oleh para guru selama berlangsungnya kegiatan untuk setiap mata program. Dalam menyusun prosedur pembelajaran, kompetensi

dan materi program menjadi pertimbangan utama agar aktivitas pembelajaran membantu peserta menguasai keduanya dengan lebih mudah.

Program ini merumuskan enam tujuan utama yang disusun berdasarkan kemampuan dan kebutuhan guru dalam mengembangkan pembelajaran berbasis STEM. Program PLC dikembangkan agar guru merepresentasikan TPACK dalam menyusun rencana pelaksanaan pembelajaran STEM *for Sustainable Development*, dan menyusun lembar kegiatan siswa berbasis STEM. Enam kompetensi guru kemudian dikembangkan, dengan tujuan akhir agar guru mampu merancang perangkat pembelajaran berbasis STEM untuk Pembangunan Berkelanjutan. Kompetensi-kompetensi tersebut dijabarkan secara lebih rinci melalui pengembangan indikator pencapaian kompetensi yang lebih operasional. Secara keseluruhan telah dikembangkan enam indikator pencapaian kompetensi. Dari setiap indikator pencapaian kompetensi disusunlah rincian kegiatan, teknis pelaksanaan, jam pelajaran, output, dan penilaian nya. Rincian rancangan program sebelum di uji coba tertera pada Tabel 3.15.

Tabel 3. 15. Rancangan Tahapan dan Teknis PLC berbasis TPACK sebelum Ujicoba

Tahap Pelatihan Utama	Rincian Kegiatan		Teknis Pelaksanaan	JP	*Out put*	Penilaian
	Fasilitator	Peserta				
Indikator 1 Memahami kebijakan implementasi dan permasalahan pembelajaran STEM *for* SD dan arti penting TPACK.						
Set Goal	Menyampaikan informasi program PLC berbasis TPACK pada LMS, fitur LMS dan cara menggunakannya, dan penjelasan teknis diklat.	Menyimak informasi tentang PLC berbasis TPACK pada LMS dan fitur LMS dan cara menggunakannya.	Kegiatan dipandu oleh fasilitator pelatihan melalui modul di LMS (asynchronous). Dengan model instruksional ter bimbing.	1	Laporan LK 1.	Penilaian laporan.
	Mengarahkan peserta untuk terlibat diskusi mengenai SDGs agenda 2030.	Peserta terlibat diskusi mengenai SDGs				

Tahap Pelatihan Utama	Rincian Kegiatan		Teknis Pelaksanaan	JP	*Out put*	Penilaian
	Fasilitator	Peserta				
		agenda 2030.				
	Mengarahkan peserta untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran STEM pada pembelajaran IPA di lingkungan Sekolah masing-masing melalui Lembar Kerja 1 yang sudah disediakan di LMS.	Mengidentifikasi masalah pembelajaran STEM pada pembelajaran IPA. Mengerjakan LK 1.	Kegiatan dipandu oleh fasilitator pelatihan melalui (synchronous) melalui zoom.	1		
	Memimpin diskusi dan tanya jawab dengan peserta terkait permasalahan kolektif kelompok dan kebijakan pemerintah pembelajaran STEM for SD melalui laman tanya jawab di LMS.	Melakukan tanya jawab tentang terkait permasalahan kolektif kelompok kebijakan pemerintah tentang pembelajaran STEM for SD melalui laman tanya jawab di LMS.			Kegiatan Diskusi dan presentasi.	Penilaian kinerja diskusi.
	Memimpin diskusi dan tanya jawab dengan peserta terkait pentingnya TPACK.	Melakukan tanya jawab tentang terkait pentingnya TPACK.	Kegiatan dipandu oleh fasilitator pelatihan melalui *asynchronous* di LMS.	1		

Tahap Pelatihan Utama	Rincian Kegiatan		Teknis Pelaksanaan	JP	*Out put*	Penilaian
	Fasilitator	Peserta				
	Mengarahkan peserta untuk mendefinisikan kebutuhan belajarnya, merumuskan tujuan belajar, membuat kontrak belajar dan kesepakatan bersama untuk menggapai kesuksesan dalam pendidikan dan pelatihan yang dituangkan pada lembar kerja 2.	Mendefinisikan kebutuhan belajarnya, merumuskan tujuan belajar, membuat kontrak belajar dan kesepakatan bersama untuk menggapai kesuksesan dalam pendidikan dan pelatihan yang dituangkan pada LK2.	Kegiatan dipandu oleh fasilitator pelatihan melalui (synchronous) melalui zoom.	1	Laporan LK 2.	Penilaian laporan.
	Memimpin diskusi dan tanya jawab dengan peserta terkait jadwal dan topik-topik pelatihan.	Terlibat aktif dalam diskusi dan tanya jawab terkait topik pelatihan.				
	Memandu peserta menandatangani pakta integritas terkait pelaksanaan pelatihan.	Menandatangani pakta integritas terkait pelaksanaan pelatihan.				
Indikator 2 Menganalisis kesesuaian konten, pedagogi dan teknologi pada SDGs dengan materi pembelajaran IPA SMP.						
Learning individual	Memandu peserta untuk mengkaji konten renewable energy (kaitan dengan konsep lain teknologi, engineering, dan matematika). Memandu peserta untuk	Mengkaji bahan ajar terkait konten renewable energy (kaitan dengan konsep lain teknologi,	Dalam kegiatan Explore ini peserta dibagi mengkaji modul 2 melalui LMS (*asynchronous*). Peserta dibagi menjadi beberapa kelompok dan	1	Laporan LK 3	Penilaian Laporan

Tahap Pelatihan Utama	Rincian Kegiatan		Teknis Pelaksanaan	JP	*Out put*	Penilaian
	Fasilitator	Peserta				
	mengerjakan LK 3.	engineering, dan matematika). Menjawab pertanyaan pada LK 3. Peserta mendiskusikan dan tanya jawab terkait konteks SDGs yang akan dipilih	Setiap kelompok beranggotakan 3 peserta. Pengelompokan didasarkan kepada keragaman gender, asal tempat bekerja, dan pengalaman menjadi guru. Pengelompokan ini ditujukan untuk mempermudah refleksi.			
	Memandu peserta untuk Memahami aplikasi *renewable energy* yang dapat dikembangkan di wilayah masing-masing (TCK).	Peserta diminta untuk membaca dan memahami aplikasi pembelajaran yang dapat dikembangkan di wilayah masing-masing (TCK).		1	Laporan resume.	Penilaian laporan.
	Menganalisis sumber daya dan aplikasi yang dapat digunakan untuk pembelajaran.	Peserta diminta untuk mendata kemungkinan sumberdaya dan aplikasi yang dapat digunakan untuk pembelajaran.		1		

Tahap Pelatihan Utama	Rincian Kegiatan		Teknis Pelaksanaan	JP	*Out put*	Penilaian
	Fasilitator	Peserta				
Indikator 3 • Menganalisis konsep, prinsip, dan karakteristik pembelajaran STEM *for* SD. • Merepresentasikan TPACK pada pembelajaran STEM *for* SD.						
Learning individual.	Memandu peserta untuk mengkaji modul 3 terkait konsep, prinsip dan karakteristik STEM for SD dan representasi TPACK dalam pembelajaran.	Peserta mengkaji bahan ajar terkait pembelajaran STEM for SD dan representasi TPACK dalam pembelajaran. Peserta juga menjawab pertanyaan pada LK. Peserta mendiskusikan dan tanya jawab terkait pembelajaran STEM for SD di forum LMS.	Dalam kegiatan Explore ini peserta dibagi mengkaji modul 3 melalui LMS (asinkron). Peserta dibagi menjadi beberapa kelompok dan Setiap kelompok beranggotakan 3 peserta. Pengelompokan didasarkan kepada keragaman gender, asal tempat bekerja, dan pengalaman menjadi guru. Pengelompokan ini ditujukan untuk mempermudah refleksi.	1	Laporan resume	Penilaian laporan
	Menampilkan video-video contoh pembelajaran STEM. Disajikan dua buah video dengan durasi masing-masing 10 menit. Video pertama berupa cuplikan rekaman guru yang sedang melaksanakan pembelajaran STEM.	Peserta diminta untuk mengamati strategi pembelajaran Peserta diminta mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan teknik komunikasi dari dua video itu		1		

Tahap Pelatihan Utama	Rincian Kegiatan		Teknis Pelaksanaan	JP	*Out put*	Penilaian
	Fasilitator	Peserta				
		dengan membandingkan dengan komunikasi yang selama ini dijalankan.				
	Memandu peserta untuk menuliskan identifikasi kesesuaian dengan kebutuhan	Mengidentifikasi kesesuaian pembelajaran dengan kebutuhan peserta didik, sanpras, dan kurikulum yang ada				
Learning collaboratively	Memberikan arahan untuk dapat menghubungkan materi dengan kebutuhan peserta melalui kegiatan pendampingan dan pemaparan materi: TPACK dan mencerminkan nya pembelajaran Pembelajaran STEM for SD.	Menyimak materi dan mengidentifikasi kesesuaian STEM for SD menggunakan teknologi dengan peserta didik, sanpras, dan kurikulum.	Peserta mendengarkan pemaparan materi dan praktek terkait STEM for SD berbasis teknologi dengan peserta didik, sanpras, dan kurikulum secara luring.	2	Kegiatan diskusi dan presentasi.	Penilaian kinerja diskusi dan presentasi.
	Menyediakan sumber informasi mengenai berbagai STEM for SD dan pendampingan yang dapat mendukung peserta seperti tautan video pembelajaran, tautan jurnal ilmiah, tautan ebook, dan sumber-sumber lain yang relevan.	Menganalisis sumber referensi yang berhubungan dengan kompetensi kreativitas dalam pembelajaran STEM for SD.	Peserta berupaya mengidentifikasi kesesuaian STEM for SD dengan peserta didik, sanpras, dan kurikulum melalui kajian referensi yang ada. (luring)			

Tahap Pelatihan Utama	Rincian Kegiatan		Teknis Pelaksanaan	JP	*Out put*	Penilaian
	Fasilitator	Peserta				
Indikator 4 Menyusun perangkat pembelajaran yang kreatif pada pembelajaran STEM *for* SD pada situasi baru						
Learning collaboratively	Memberikan arahan untuk berkolaborasi merancang memodifikasi strategi pembelajaran STEM for SD.	Merancang kerangka modifikasi pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi.	Peserta bekerja dalam kelompok. Kelompok yang digunakan adalah kelompok yang sama di tahap Refleksi. Pada tahap ini peserta diarahkan untuk merancang modifikasi pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi.	8	Laporan LK 4,5 dan 6.	Penilaian laporan.
	Menghadirkan pakar pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi. Memandu peserta dengan menggunakan LK 4, LK 5, dan LK 6.	Berdiskusi dengan pakar pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi. Peserta mengerjakan LK 4, LK 5, dan LK 6.	Selama proses perancangan, tiap kelompok didampingi fasilitator untuk merancang modifikasi pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi. Setelah rancangan modifikasi teknik komunikasi berbasis teknologi dianggap selesai, maka dihadirkan pakar pembelajaran STEM for SD untuk mereview dan memberikan	16		

Tahap Pelatihan Utama	Rincian Kegiatan		Teknis Pelaksanaan	JP	*Out put*	Penilaian
	Fasilitator	Peserta				
			masukan terhadap rancangan modifikasi rancangan pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi tersebut. (Luring)			
Indikator 5 Menyusun rencana *lesson study* (plan, do, see) untuk melaksanakan pembelajaran STEM for SD pada topik tertentu yang berkaitan dengan SDGs.						
Lesson study	Meminta peserta untuk menerapkan hasil modifikasi pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi yang efektif dalam pelaksanaan pembelajaran.	Mempraktikkan pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi mendukung dalam proses pembelajaran di kelas.	Pada tahap ini, peserta kembali bekerja secara individu. Peserta diminta untuk mengimplementasikan hasil rancangan modifikasi pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi yang efektif di dalam kelas di institusinya masingmasing.	24		
	Melakukan monitoring pelaksanaan implementasi pembelajaran STEM for SD	Merekam pelaksanaan pembelajaran. Pembelajaran direkam			Modul ajar/ RPP.	Penilaian kreativitas RPP.

Tahap Pelatihan Utama	Rincian Kegiatan		Teknis Pelaksanaan	JP	*Out put*	Penilaian
	Fasilitator	Peserta				
	dengan menggunakan beragam ICT. Memandu peserta untuk mereview RPP menggunakan LK 7.	dalam bentuk video Rekaman ini akan digunakan dalam tahap pelatihan selanjutnya. Peserta melakukan review RPP dengan menggunakan LK 7.	Implementasi ini dilakukan untuk melihat kekurangan, kelebihan, dan efektifitas pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi (model lesson study di sekolah masing-masing).			
Indikator 6 Mengevaluasi strategi pembelajaran *STEM for SD* yang efektif sesuai dengan situasi kelas yang dihadapi dengan mengintegrasikan ICT untuk kepentingan pembelajaran (see).						
Monitoring and evaluate	Memberikan instruksi untuk mengamati hasil implementasi pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi.	Menyimak rekaman video pelaksanaan pembelajaran.	Peserta bekerja dalam kelompok untuk saling memberikan umpan balik terhadap proses implementasi yang diamati langsung dan melalui video rekaman. (model lesson study di sekolah masing-masing).	2	Laporan LK 8 dan LK 9 dan Kegiatan pembelajaran	Penilaian laporan dan Penilaian kreativitas kegiatan pembelajaran
	Mengulas implementasi pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi. Memandu peserta untuk mengerjakan LK 8 dan LK 9 (review praktik dan refleksi pembelajaran).	Mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan implementasi teknik pembelajaran STEM for SD dengan menggunakan beragam teknologi. Peserta mengerjakan		12		

Tahap Pelatihan Utama	Rincian Kegiatan		Teknis Pelaksanaan	JP	*Out put*	Penilaian
	Fasilitator	Peserta				
		LK 8 dan LK 9 (review praktik dan refleksi pembelajaran).				
Jumlah				64 Jam		

Modul yang digunakan dalam pelatihan ini terbagi menjadi tiga modul yakni Modul 1 berisi kebijakan pembelajaran STEM for SD dan arti penting TPACK. Modul 2 berisi konten, pedagogi dan teknologi. Modul 3 berisi konsep, prinsip, dan karakteristik pembelajaran STEM *for* SD dan representasi TPACK dalam pembelajaran. Modul disajikan dalam bentuk digital dan disimpan di dalam *learning management system* (LMS).

3.4.2. Fase Implementasi

Sebelum program di launching dan diimplementasikan secara luas. Program PLC ini diujicobakan terlebih dahulu. Ujicoba dilaksanakan secara terbatas pada komunitas belajar Guru IPA di satu sekolah di Sukabumi. Fase implementasi (ujicoba) program PLC berbasis TPACK bertujuan untuk memberikan pengalaman langsung kepada guru dalam mengembangkan dan menerapkan pembelajaran STEM yang berorientasi pada pembangunan berkelanjutan. Pada tahap ini, guru-guru yang terlibat mengikuti serangkaian workshop dan sesi pelatihan. Selama fase implementasi (ujicoba), guru bekerja dalam kelompok kecil untuk merancang, mengembangkan, dan menguji model pembelajaran. Diskusi kelompok ini difasilitasi oleh mentor.

Dalam setiap sesi, guru berbagi ide, mengatasi tantangan, dan memberikan umpan balik konstruktif satu sama lain. Proses kolaboratif ini tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis dan pedagogis guru, tetapi juga membangun komunitas belajar yang suportif dan saling mendukung. Rekaman audio dari diskusi kelompok dan catatan lapangan dari sesi ini kemudian digunakan sebagai data kualitatif untuk evaluasi program. Selain itu, guru juga menerapkan model pembelajaran yang telah mereka kembangkan di kelas nya. Setelah tahap ujicoba

selesai, maka program akan diimplementasikan pada guru IPA di Sub Rayon Cicurug yang berjumlah 20 orang. Seluruh instrumen penelitian digunakan untuk pengambilan data.

3.4.3. Fase Evaluasi

Fase evaluasi dalam pengembangan program PLC berbasis TPACK untuk menumbuhkan kreativitas guru pada pembelajaran STEM *for sustainable Development* adalah tahap yang sangat penting dalam penelitian ini. Setelah melalui fase persiapan yang melibatkan perencanaan dan penyusunan materi, serta fase implementasi yang mencakup pelaksanaan uji coba dan implementasi luas program dan aktivitas pembelajaran, fase evaluasi bertujuan untuk menilai efektivitas program yang telah dijalankan. Dalam tahap ini, peneliti mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif mengenai dampak program terhadap kreativitas guru dan kualitas pembelajaran STEM.

Prosedur evaluasi melibatkan pengumpulan data melalui berbagai instrumen seperti kuesioner, wawancara, dan observasi. Data kuantitatif dikumpulkan melalui kuesioner yang diisi oleh para guru peserta program, yang kemudian dianalisis untuk mengukur perubahan dalam aspek kreativitas dan penerapan pembelajaran berbasis TPACK. Selain itu, data kualitatif diperoleh melalui wawancara mendalam dan observasi kelas, yang memberikan wawasan lebih mendalam tentang pengalaman guru dalam mengimplementasikan pembelajaran STEM yang berfokus pada pembangunan berkelanjutan. Proses analisis data melibatkan pemberian kode tematik dan statistik deskriptif untuk mengidentifikasi tren dan pola dalam data.

Triangulasi data dilakukan untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil penelitian. Dengan menggabungkan data dari berbagai sumber dan metode, peneliti dapat memverifikasi temuan dan mengurangi bias. Triangulasi juga membantu dalam mengidentifikasi aspek-aspek yang mungkin terlewat jika hanya menggunakan satu metode pengumpulan data. Hasil evaluasi ini kemudian digunakan untuk memberikan umpan balik konstruktif kepada para guru dan menyempurnakan program PLC berbasis TPACK. Dengan demikian, fase evaluasi tidak hanya menilai keberhasilan program, tetapi juga berfungsi sebagai dasar untuk

perbaikan berkelanjutan dalam pengembangan profesional guru dan penerapan pembelajaran STEM yang berkelanjutan.

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif diperoleh melalui wawancara dengan pertanyaan terbuka, proses diskusi guru pada saat implementasi program dan observasi langsung, sedangkan data kuantitatif diperoleh dari hasil uji coba tes, pre-test dan post-test disposisi kreatif, serta penilaian terhadap produk seperti modul ajar dan peta konsep. Data yang dikumpulkan meliputi: data persepsi guru tentang SDGs, disposisi kreatif guru, produk kreatif guru, respon guru terhadap program PLC, dan evaluasi aktivitas program. Berikut adalah metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini.

- Data kreativitas guru menggunakan lembar penilaian kreativitas guru setelah program dan saat lesson study meliputi kuesioner disposisi kreatif, audio recorder diskusi kreatif dan penilaian produk kreatif.
- Data representasi TPACK guru IPA menggunakan Format *Core* dan *PaPers* serta kuesioner.
- Data produk Pembelajaran STEM dilihat dari produk guru dilakukan dengan menilai media pembelajaran Arduino, dokumen modul ajar yang dihasilkan guru.
- Data evaluasi pelaksanaan diklat dilakukan menggunakan pedoman observasi.
- Data mengenai tanggapan guru peserta diklat terhadap pelaksanaan program diperoleh melalui pengisian angket.

3.6. Teknik Analisis Data

Metode analisis data yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup analisis data kualitatif dan kuantitatif. Koleksi dan analisis data kualitatif dan data kuantitatif dalam penyajian di sub bab ini dipisah satu per satu. Meskipun demikian, bukan berarti terdapat pemisahan analisis diantara keduanya. Seperti telah dipaparkan sebelumnya bahwa penelitian ini menggunakan desain *mixed methods.*

3.6.1. Data Kuantitatif

Analisis Statistik dalam Pengembangan Program PLC Berbasis TPACK untuk Meningkatkan Kreativitas Guru IPA dalam Pembelajaran STEM *for Sustainable Development.* Analisis statistik dalam penelitian ini dilakukan untuk mengukur efektivitas program PLC berbasis TPACK dalam meningkatkan kreativitas guru IPA pada pembelajaran STEM untuk pembangunan berkelanjutan. Data kuantitatif yang diperoleh dari kuesioner TPACK, kuesioner disposisi kreatif pra dan *post-test*, penilaian produk media pembelajaran, dan penilaian produk perangkat pembelajaran akan dianalisis menggunakan berbagai teknik statistik yang tepat.

3.6.1.1.Analisis Deskriptif

Langkah pertama dalam analisis statistik adalah melakukan analisis deskriptif terhadap semua data kuantitatif yang dikumpulkan. Analisis ini melibatkan perhitungan statistik dasar seperti mean, median, standar deviasi, dan distribusi frekuensi untuk setiap variabel. Analisis deskriptif ini memberikan gambaran umum tentang karakteristik data, seperti tingkat pengetahuan TPACK guru, disposisi kreatif mereka sebelum dan sesudah program, serta kualitas produk media dan perangkat pembelajaran yang mereka kembangkan.

3.6.1.2.Uji Normalitas, Homogenitas, Uji T Berpasangan menggunakan SPSS

Dalam rangka mengevaluasi dampak implementasi program PLC berbasis TPACK terhadap kreativitas guru IPA dalam Pembelajaran STEM *for Sustainable Development*, dilakukan serangkaian analisis data menggunakan metode statistik. Pengumpulan data melalui pretest dan *post test* memungkinkan kita untuk mengukur sejauh mana perubahan yang terjadi setelah intervensi Program PLC berbasis TPACK. Agar analisis ini valid dan reliabel, sejumlah pengujian statistik dilakukan, termasuk uji normalitas, uji homogenitas, dan uji T berpasangan.

Langkah pertama adalah uji normalitas untuk menentukan apakah distribusi data pretest dan posttest mengikuti distribusi normal. Uji normalitas menggunakan metode Shapiro-Wilk dilakukan untuk memeriksa apakah data pretest dan posttest berdistribusi normal. Teori normalitas adalah salah satu asumsi mendasar dalam statistik parametrik yang menyatakan bahwa data yang dianalisis harus mengikuti

distribusi normal. Distribusi normal, atau dikenal juga sebagai distribusi Gaussian, adalah distribusi simetris di mana data terkonsentrasi di sekitar rata-rata dengan penyebaran yang merata ke arah ekor. Dalam konteks statistik parametrik, distribusi normal memungkinkan penggunaan berbagai metode analisis yang kuat seperti uji T, ANOVA, dan regresi linier, yang semuanya memerlukan asumsi ini untuk menghitung signifikansi perbedaan atau hubungan antar kelompok secara akurat (Schmuller, 2021).

Uji normalitas data berperan penting dalam menjaga reliabilitas hasil uji statistik. Jika data pretest atau posttest tidak berdistribusi normal, maka uji T berpasangan mungkin memberikan hasil yang kurang dapat dipercaya, dan kita mungkin harus beralih ke metode non-parametrik seperti uji Wilcoxon yang tidak memerlukan asumsi normalitas. Namun, dalam analisis ini, karena normalitas terpenuhi, uji T berpasangan digunakan untuk memberikan hasil yang lebih kuat dalam mendeteksi perubahan signifikan dari pretest ke posttest, yang didukung oleh teori statistik parametrik.

Selanjutnya, dilakukan uji homogenitas untuk memastikan bahwa varians antara kelompok pretest dan posttest bersifat homogen, yang merupakan syarat penting untuk melakukan uji statistik lebih lanjut. Homogenitas variansi adalah salah satu asumsi penting dalam analisis statistik parametrik, terutama ketika membandingkan dua atau lebih kelompok data. Homogenitas variansi mengacu pada kesamaan variansi antara kelompok yang dibandingkan. Dengan kata lain, distribusi data dalam setiap kelompok harus memiliki penyebaran yang serupa, sehingga hasil analisis statistik tidak dipengaruhi oleh perbedaan dalam sebaran data. Asumsi ini penting karena metode statistik parametrik seperti uji T, ANOVA, dan regresi linier memerlukan kesamaan variansi agar hasil yang diperoleh dari analisis dapat diinterpretasikan secara akurat dan sah. Terpenuhinya asumsi normalitas dan homogenitas variansi dalam analisis pretest dan posttest semakin memperkuat hasil uji T berpasangan. Terpenuhinya asumsi ini memastikan bahwa hasil uji tidak bias dan bahwa uji T berpasangan dapat memberikan kesimpulan yang valid dan dapat diandalkan (Warner, 2019). Jika asumsi-asumsi tersebut tidak terpenuhi, maka hasil uji T berpasangan bisa menjadi bias atau tidak akurat. Namun,

dalam analisis ini, asumsi normalitas dan homogenitas terpenuhi, yang berarti hasil uji T dapat diandalkan untuk mengukur dampak intervensi secara efektif.

Terakhir, dilakukan uji T berpasangan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pretest dan posttest. Uji ini membantu menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara skor pra dan *post-test* disposisi kreatif. Uji T berpasangan (paired T-test) adalah salah satu metode statistik yang digunakan untuk membandingkan dua set data yang saling berhubungan, seperti pretest dan posttest dari kelompok yang sama. Uji ini sangat berguna ketika peneliti ingin mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara dua pengukuran yang dilakukan pada sampel yang sama sebelum dan sesudah intervensi atau perlakuan tertentu. Dalam konteks penelitian pretest-posttest, uji T berpasangan dapat membantu mengukur apakah terdapat peningkatan atau perubahan yang signifikan pada skor setelah intervensi dibandingkan dengan skor sebelum intervensi (Field, 2020).

Hipotesis nol yang diuji adalah bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antara skor pra dan *post-test*, sementara hipotesis alternatif adalah bahwa terdapat perbedaan yang signifikan. Jika p-value yang diperoleh dari uji T berpasangan kurang dari tingkat signifikansi yang ditetapkan (misalnya, 0.05), maka hipotesis nol ditolak, yang menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan dalam disposisi kreatif guru.

3.6.1.3.Triangulasi Data

Setelah analisis kuantitatif dilakukan, hasilnya akan dilakukan triangulasi dengan data kualitatif untuk memvalidasi temuan dan memastikan keakuratan interpretasi. Triangulasi ini melibatkan membandingkan hasil statistik dengan temuan dari wawancara mendalam, observasi kelas, dan analisis dokumen untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif dan mendalam mengenai dampak program PLC berbasis TPACK. Dengan menggabungkan berbagai sumber data dan metode analisis, peneliti dapat memastikan bahwa kesimpulan yang diambil adalah sahih dan reliabel.

3.6.2. Data Kualitatif

Data kualitatif dalam penelitian ini diperoleh melalui observasi pembelajaran, rekaman audio ketika diskusi kelompok, dan catatan lapangan selama program PLC berlangsung. Observasi pembelajaran dilakukan untuk melihat secara langsung bagaimana guru mengimplementasikan konsep TPACK dan kreativitas dalam pengajaran STEM. Observasi ini mencakup perilaku guru, interaksi dengan siswa, serta penggunaan media dan teknologi dalam pembelajaran. Rekaman audio dari diskusi kelompok memberikan wawasan tentang proses kolaboratif di antara guru, bagaimana mereka berbagi pengetahuan dan ide, serta tantangan yang mereka hadapi dan solusi yang mereka temukan bersama. Catatan lapangan mencatat peristiwa penting, dinamika kelompok, serta respon dan refleksi guru selama mengikuti program.

Analisis data kualitatif dimulai dengan transkripsi rekaman audio dan pengorganisasian catatan lapangan. Data kemudian dikodekan menggunakan pendekatan tematik, di mana pola dan tema utama diidentifikasi berdasarkan frekuensi dan relevansi. Misalnya, tema yang mungkin muncul adalah "inovasi dalam penggunaan teknologi," "tantangan dalam penerapan TPACK," dan "peningkatan kreativitas dalam desain pembelajaran." Setiap tema dianalisis untuk mengidentifikasi sub-tema dan keterkaitan antar tema, serta untuk memahami konteks dan dinamika yang mempengaruhi penerapan TPACK dan kreativitas guru. Analisis data tersebut menggunakan aplikasi NVIVO. Data kemudian divisualisasikan dengan *matrix query* dan peta konsep.

Triangulasi data dilakukan dengan membandingkan hasil dari berbagai sumber kualitatif. Misalnya, temuan dari observasi pembelajaran dikonfirmasi dengan rekaman diskusi kelompok dan catatan lapangan untuk memastikan konsistensi dan validitas data. Triangulasi ini membantu dalam memvalidasi temuan dan mengurangi bias, serta memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang efektivitas program. Hasil analisis kualitatif ini tidak hanya memberikan wawasan mendalam tentang pengalaman dan persepsi guru, tetapi juga menginformasikan rekomendasi untuk perbaikan program PLC berbasis TPACK,

sehingga dapat lebih efektif dalam meningkatkan kreativitas guru dalam pembelajaran STEM *for Sustainable Development*.