

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen yang mengacu pada Fraenkel *et al.* (2023) yang tidak melibatkan prosedur pengelompokan atau penugasan secara acak (*random assignment*). Desain yang digunakan pada penelitian ini adalah *nonequivalent (pretest and posttest) control-group design*. Desain penelitian tersebut mengacu pada Creswell (2014) yang melibatkan kelompok kontrol dan kelompok eksperimen seperti pada Tabel 3.1. Kedua kelompok tersebut diberikan tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*) namun, hanya kelompok eksperimen yang diberikan perlakuan eksperimental.

Tabel 3.1 Desain Penelitian Nonequivalent (*Pretest & Posttest*) Control-Group

Kelompok eksperimen	O ₁	×	O ₂
Kelompok kontrol	O ₁	-	O ₂

(diadaptasi dari Creswell, 2014)

Keterangan:

O₁ : *Pretest*

O₂ : *Posttest*

×

 : Pembelajaran ekosistem melalui sistem permakultur berbantuan *eco-gamification*.

-

 : Pembelajaran ekosistem seperti yang biasa dilakukan oleh guru melalui pendekatan lingkungan dengan memanfaatkan lingkungan sekolah.

Metode dan desain penelitian yang digunakan dapat menunjukkan dampak dari perlakuan tertentu terhadap suatu fenomena pada suatu kelompok dan selanjutnya dibandingkan dengan kelompok lain yang menggunakan perlakuan berbeda. *Pretest* atau tes awal diberikan kepada masing-masing kelompok untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik. Selanjutnya, masing-masing kelompok mengikuti pembelajaran yang berbeda. Pembelajaran yang dilakukan pada kelas eksperimen merupakan perlakuan eksperimental pada penelitian ini yaitu,

Rahmat Baharuddin, 2025

PEMBELAJARAN EKOSISTEM MELALUI SISTEM PERMAKULTUR BERBANTUAN ECO-GAMIFICATION SEBAGAI UPAYA UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI BERPIKIR SISTEM DAN KOLABORASI PESERTA DIDIK

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

pembelajaran melalui sistem permakultur berbantuan *eco-gamification* pada materi ekosistem. Sementara itu, peserta didik pada kelas kontrol mengikuti pembelajaran materi ekosistem seperti yang biasa dilakukan oleh guru melalui pendekatan lingkungan dengan memanfaatkan lingkungan sekolah sebagai sumber belajar. Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, peserta didik dari kedua kelompok diberikan *posttest* atau tes akhir untuk mengetahui kompetensi yang dimiliki oleh peserta didik setelah mengikuti pembelajaran. Hasil dari perlakuan eksperimental tersebut akan dianalisis dampaknya terhadap kompetensi berpikir sistem dan kolaborasi peserta didik. Selanjutnya, hasil tersebut dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menggunakan perlakuan berbeda.

3.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas X pada salah satu Sekolah Menengah Atas di Kota Bandung. Teknik pengambilan sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah *convenience sampling* yang mengacu pada Creswell & Gutterman (2019). Sampel yang dipilih merupakan sampel yang tersedia dan memungkinkan untuk dilibatkan dalam pelaksanaan penelitian terutama kaitannya dengan izin dari pihak sekolah dan akses pembelajaran pada sistem permakultur. Terdapat dua kelas peserta didik yang menjadi partisipan pada penelitian ini. Sejumlah 50 orang peserta didik kelas X dengan rentang usia 15-16 tahun sebagai partisipan pada penelitian ini terbagi ke dalam dua kelas dengan masing-masing kelas memiliki 25 orang peserta didik. Kelas kontrol terdiri dari 12 orang laki-laki dan 13 orang perempuan. Sementara itu, kelas eksperimen terdiri dari 13 orang laki-laki dan 12 orang perempuan.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di sekolah dan di lingkungan sistem permakultur yang berada di Kebun Botani UPI pada periode semester ganjil tahun ajaran 2024/2025.

3.4 Definisi Operasional

1. Pembelajaran melalui sistem permakultur berbantuan *eco-gamification*.

Pembelajaran melalui sistem permakultur berbantuan *eco-gamification* merupakan proses pembelajaran yang memanfaatkan sistem permakultur sebagai

sumber belajar sekaligus pengintegrasian elemen gamifikasi pada kegiatan belajar peserta didik. Sistem permakultur sebagai sumber belajar memiliki empat pos pembelajaran yaitu, pos perkebunan sayuran dan buah-buahan, pos akuaponik, pos pengomposan, dan pos budidaya lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*). *Eco-gamification* berfokus pada pemberian tugas kelompok yang dikerjakan peserta didik melalui kegiatan permainan yang mengintegrasikan elemen gamifikasi seperti pemberian *rewards*, *score*, *team tournament*, dan *champions battle*.

2. Kompetensi berpikir sistem

Kompetensi berpikir sistem yang dimaksud pada penelitian ini adalah kemampuan peserta didik untuk memahami bahwa setiap fenomena yang ada di lingkungan terbangun sebagai sistem yang memiliki komponen-komponen yang saling terhubung. Aspek kompetensi berpikir sistem yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada UNESCO (2017). Terdapat empat indikator kompetensi berpikir sistem, yaitu 1) kemampuan untuk mengenali dan memahami hubungan; 2) kemampuan untuk menganalisis sistem yang kompleks; 3) kemampuan untuk memahami sistem dalam domain dan skala yang berbeda; serta 4) kemampuan untuk menghadapi ketidakpastian. Kompetensi tersebut diukur menggunakan instrumen tes berupa soal uraian. Kompetensi berpikir sistem peserta didik dievaluasi menggunakan pedoman penskoran kompetensi berpikir sistem yang diadaptasi dari Semiz & Teksöz (2019). Terdapat empat kategori kompetensi berpikir sistem yaitu *pre-aware*, *emerging*, *developing*, dan *mastery*.

3. Kompetensi kolaborasi

Kompetensi kolaborasi yang dimaksud pada penelitian ini yaitu kemampuan peserta didik untuk menyelesaikan tugas yang diberikan melalui kerja sama dalam kelompok secara efektif dengan penuh tanggung jawab. Aspek kompetensi kolaborasi yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada UNESCO (2017). Terdapat lima indikator kompetensi kolaborasi, yaitu 1) kemampuan untuk belajar dari orang lain; 2) kemampuan untuk memahami dan menghargai kebutuhan, perspektif, dan tindakan dari orang lain (empati); 3) kemampuan untuk memahami, merasakan, dan peka terhadap orang lain (kepemimpinan yang berempati); 4) kemampuan untuk menyelesaikan konflik dalam kelompok; serta 5) kemampuan

untuk terlibat pada pemecahan masalah. Kompetensi tersebut diukur menggunakan instrumen non-tes yang terdiri dari *self assessment*, *peer-assessment*, dan lembar observasi dengan kriteria penilaian menggunakan skala Likert 4 poin. Kompetensi kolaborasi peserta didik dievaluasi menggunakan *framework* kompetensi kolaborasi yang diadaptasi dari Evans (2020). Terdapat empat kategori kompetensi berpikir sistem yaitu *beginning*, *emerging*, *developing*, dan *demonstrating*.

3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan untuk memperoleh data dan informasi pada penelitian ini terdiri dari instrumen kompetensi berpikir sistem, instrumen kompetensi kolaborasi, dan instrumen tambahan berupa lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons peserta didik terhadap pembelajaran, dan catatan lapangan atau *field note*. Instrumen kompetensi berpikir sistem dan instrumen kompetensi kolaborasi diberikan kepada peserta didik sebelum pembelajaran dimulai (*pretest*) serta setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai (*posttest*).

3.5.1 Instrumen Kompetensi Berpikir Sistem

Instrumen yang digunakan untuk memperoleh data mengenai kompetensi berpikir sistem peserta didik merupakan instrumen tes dalam bentuk soal uraian. Soal uraian dipilih karena dapat mendemonstrasikan alur berpikir peserta didik melalui jawaban yang mereka tulis. Pertanyaan dan instruksi yang terdapat pada soal dirancang agar peserta didik memperoleh kesempatan untuk menerapkan prinsip-prinsip berpikir sistem. Pengembangan instrumen tersebut mengacu pada aspek kompetensi berpikir sistem menurut UNESCO (2017) dengan muatan berupa elemen-elemen ekosistem. Rancangan awal pengembangan instrumen kompetensi berpikir sistem dapat dilihat pada Lampiran 3.

Rancangan awal instrumen kompetensi berpikir sistem selanjutnya dikonsultasikan kepada validator ahli. Validator ahli menilai kualitas instrumen yang dikembangkan dari segi konstruksi soal seperti kesesuaian soal dengan aspek serta indikator kompetensi berpikir sistem. Validator ahli menggunakan lembar penilaian yang dapat dilihat pada Lampiran 6 untuk memberikan saran perbaikan soal serta catatan mengenai instrumen yang dikembangkan. Butir soal yang

dinyatakan tidak sesuai dengan indikator berpikir sistem dihapus dan tidak digunakan. Sementara itu, butir soal yang sesuai dengan indikator berpikir sistem tetapi belum sepenuhnya baik, direvisi hingga dinyatakan layak untuk digunakan.

Sejumlah butir soal yang dinyatakan layak untuk digunakan, selanjutnya diujicobakan kepada peserta didik. Uji coba terbatas dilakukan pada soal-soal tersebut untuk mengetahui validitas dan reliabilitasnya. Uji coba terbatas melibatkan 30 orang peserta didik kelas XI sebagai partisipan. Selain validitas dan reliabilitas soal, informasi mengenai pengalaman peserta didik dalam mengerjakan soal juga diperoleh melalui uji coba terbatas. Berdasarkan hasil uji coba, diperoleh informasi bahwa beberapa istilah atau terminologi dalam soal ternyata kurang familiar bagi siswa. Temuan ini kemudian menjadi dasar untuk melakukan revisi, terkait penyajian soal agar dapat lebih mudah dipahami oleh peserta didik tanpa mengubah konteks soal yang sebelumnya disusun. Maka dari itu, soal-soal tersebut dapat lebih efektif digunakan dalam pada tahap berikutnya. Validitas dan reliabilitas soal dihitung menggunakan aplikasi ANATES V4 yang hasilnya secara lengkap terdapat pada Lampiran 7, sedangkan hasil analisis butir soal yang digunakan disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rekapitulasi Analisis Butir Soal

Nomor Soal	Daya Pembeda	Tingkat Kesukaran	Korelasi	Sign. Korelasi	Keterangan
1	66,67%	Sedang	0,81	Sangat signifikan	Digunakan
2	20,83%	Sukar	0,70	Sangat signifikan	Digunakan
3	35,42%	Mudah	0,56	Signifikan	Digunakan
4	20,83%	Mudah	0,52	Signifikan	Digunakan
5	20,83%	Sukar	0,70	Sangat signifikan	Digunakan
6	43,75%	Sedang	0,59	Signifikan	Digunakan
7	29,17%	Sedang	0,49	Signifikan	Digunakan

Rata-rata= 24,40

Korelasi XY= 0,63

Butir soal= 7

Simpang baku= 5,70

Reliabilitas tes= 0,78

Jumlah subjek= 30

Merujuk pada Zainul dan Nasution (2001), kriteria validitas soal untuk menentukan kelayakannya dapat dilihat berdasarkan nilai korelasi. Soal termasuk kategori valid dengan nilai korelasi $\geq 0,4$. Berdasarkan hasil analisis butir soal,

ditentukan tujuh butir soal tergolong dalam kategori valid dan dapat digunakan dengan nilai korelasi $\geq 0,4$. Beban pengerjaan soal uraian juga menjadi pertimbangan untuk menentukan jumlah soal. Tagihan jawaban dari tujuh butir soal uraian tersebut tergolong sesuai untuk digunakan pada pelaksanaan penelitian. Butir soal yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 3.3 Kisi-Kisi Instrumen Kompetensi Berpikir Sistem yang Digunakan

Aspek Berpikir Sistem	Definisi	Indikator Soal	No Soal	Jumlah Soal
Kemampuan untuk mengenali dan memahami hubungan	Kemampuan untuk mengidentifikasi hubungan yang ada antara komponen-komponen penyusun dari suatu sistem secara menyeluruh.	Peserta didik mampu menerapkan konsep interaksi dalam ekosistem pada aspek kehidupan sehari-hari	1	1
Kemampuan untuk menganalisis sistem yang kompleks	Kemampuan untuk memahami dan menganalisis keseimbangan dinamis sebuah sistem serta dampak dari perubahan pada komponen penyusun sebuah sistem.	Peserta didik mampu menentukan peran setiap komponen dalam ekosistem.	2	2
		Peserta didik mampu menganalisis keseimbangan dinamis dalam ekosistem.	3	
Kemampuan untuk memahami dimana sistem tertanam dalam domain dan skala yang berbeda	Kemampuan untuk memahami domain yang melingkupi sistem meliputi aspek ekonomi, sosial, & lingkungan serta skala lokal dan global suatu sistem.	Peserta didik mampu mengaitkan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan terkait konteks ekosistem.	4	2
		Peserta didik mampu mengevaluasi dampak perubahan ekosistem secara lokal & global.	5	
Kemampuan untuk menghadapi ketidakpastian.	Kemampuan untuk merumuskan solusi dalam menghadapi perubahan yang terjadi pada suatu sistem	Peserta didik mampu memprediksi dampak yang terjadi akibat perubahan komponen penyusun ekosistem.	6	2
		Peserta didik mampu menyajikan alternatif solusi terhadap isu yang disajikan.	7	
Jumlah Soal				7

Berdasarkan hasil analisis butir soal, terdapat tujuh soal esai yang digunakan pada instrumen kompetensi berpikir sistem dengan kisi-kisi setiap soal seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Lampiran 4. Setiap soal yang digunakan merepresentasikan indikator-indikator kompetensi berpikir sistem, sehingga dapat mengukur kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi komponen, memahami keterhubungan antar komponen, memahami domain dan skala dari sebuah sistem, serta mengevaluasi dampak dari perubahan yang terjadi suatu sistem secara menyeluruh. Jawaban peserta didik pada setiap soal dinilai menggunakan panduan penskoran.

Setiap indikator kompetensi berpikir sistem terdiri dari dua butir soal kecuali pada indikator pertama yang hanya diwakili oleh satu butir soal. Hal tersebut dikarenakan dua butir soal lainnya yang disusun terkait indikator pertama kompetensi berpikir sistem tergolong tidak valid, sehingga tidak memenuhi syarat untuk dapat digunakan. Berbagai keterbatasan terutama keterbatasan waktu selama proses pengembangan instrumen menyebabkan penyusunan butir soal tambahan sekaligus perbaikan soal yang tidak valid untuk indikator pertama tidak memungkinkan untuk dilakukan.

3.5.2 Instrumen Kompetensi Kolaborasi

Instrumen yang digunakan untuk memperoleh data mengenai kompetensi kolaborasi peserta didik merupakan instrumen non-tes yang terdiri dari *self assessment*, *peer-assessment*, dan lembar observasi. *Self assessment* dan *peer-assessment* tersebut menggunakan skala Likert 4 poin, sedangkan lembar observasi kompetensi kolaborasi terdiri atas empat skala penilaian meliputi sangat baik, baik, cukup baik, kurang baik. Lembar observasi tersebut diisi menggunakan rubrik penilaian yang dilengkapi dengan kriteria untuk setiap skala penilaian seperti yang dapat dilihat pada Lampiran 12. Perangkat instrumen tersebut dipilih karena secara efektif dapat menunjukkan kompetensi kolaborasi peserta didik dari berbagai sudut pandang (Power & Tanner, 2023). Pengembangan instrumen tersebut mengacu pada aspek kompetensi kolaborasi menurut UNESCO (2017). Terdapat lima aspek kompetensi kolaborasi. Rancangan awal pengembangan instrumen kompetensi kolaborasi dapat dilihat pada Lampiran 8.

Self assessment dan *peer-assessment* menggunakan butir pernyataan yang sama, perbedaan hanya terletak pada penggunaan pronomina. Pronomina yang digunakan pada *self assessment* adalah “saya” sedangkan, Pronomina yang digunakan pada *peer-assessment* adalah “teman saya”. Sementara itu, lembar observasi berisi pernyataan untuk menilai kelima aspek kolaborasi secara umum seperti yang dapat dilihat pada Lampiran 10. Pada penyusunan lembar observasi, istilah yang lebih umum dan singkat digunakan untuk melabeli kelima aspek kolaborasi. Aspek pertama yaitu kemampuan untuk belajar dari orang lain, selanjutnya aspek kedua yaitu empati dalam kelompok, aspek ketiga yaitu kepemimpinan dalam kelompok, aspek keempat yaitu manajemen konflik, dan aspek kelima yaitu pemecahan masalah.

Masing-masing pada *self assessment* dan *peer-assessment* terdapat butir pernyataan positif dan negatif. Penggunaan butir pernyataan positif dan negatif pada angket yang menggunakan skala Likert dapat meminimalisir adanya bias dari responden yang berdampak pada tingginya validitas dan reliabilitas angket yang digunakan (Zeng *et al.*, 2024). Rancangan awal instrumen kompetensi kolaborasi selanjutnya dikonsultasikan kepada validator ahli. Validator ahli menilai kualitas instrumen yang dikembangkan dari segi konstruk butir pernyataan seperti kesesuaian pernyataan yang digunakan dengan aspek serta indikator kompetensi kolaborasi. Validator ahli menggunakan lembar penilaian yang dapat dilihat pada Lampiran 13 untuk memberikan saran perbaikan serta catatan mengenai instrumen kompetensi kolaborasi yang dikembangkan.

Uji coba terbatas instrumen kompetensi kolaborasi (*self assessment* dan *peer-assessment*) melibatkan 34 orang peserta didik kelas XI sebagai partisipan. Selain validitas dan reliabilitas, informasi mengenai pengalaman peserta didik dalam menggunakan instrumen tersebut juga diperoleh melalui uji coba terbatas. Informasi mengenai penggunaan beberapa istilah atau terminologi pada pernyataan yang tidak familiar bagi peserta didik selanjutnya direvisi. Validitas dan reliabilitas dihitung melalui aplikasi IBM SPSS Statistics 27 yang hasilnya secara lengkap terdapat pada Lampiran 14 dan Lampiran 15, sedangkan hasil analisis butir pernyataan yang digunakan disajikan pada Tabel 3.4. dan Tabel 3.5.

**Tabel 3.4 Hasil Analisis Butir Pernyataan Instrumen *Self Assessment*
Berdasarkan Hasil Uji Coba**

Aspek Kolaborasi	Nomor Pernyataan	Jenis Pernyataan	R Hitung	Nilai Sig.	Interpretasi	Ket.
Kemampuan untuk belajar dari orang lain	1	Positif	0,71	0,00	Valid	Digunakan
	2	Positif	0,65	0,00	Valid	Digunakan
	3	Positif	0,73	0,00	Valid	Digunakan
	4	Positif	0,56	0,00	Valid	Digunakan
Empati dalam kelompok	5	Positif	0,36	0,04	Valid	Digunakan
	6	Negatif	0,64	0,00	Valid	Digunakan
	7	Positif	0,77	0,00	Valid	Digunakan
	8	Negatif	0,75	0,00	Valid	Digunakan
Kepemimpinan	9	Positif	0,55	0,00	Valid	Digunakan
	10	Negatif	0,72	0,00	Valid	Digunakan
	11	Positif	0,45	0,01	Valid	Digunakan
	12	Positif	0,71	0,00	Valid	Digunakan
	13	Positif	0,55	0,00	Valid	Digunakan
	14	Negatif	0,64	0,00	Valid	Digunakan
Manajemen konflik	15	Positif	0,72	0,00	Valid	Digunakan
	16	Negatif	0,72	0,00	Valid	Digunakan
	17	Positif	0,65	0,00	Valid	Digunakan
Pemecahan masalah	18	Positif	0,59	0,00	Valid	Digunakan
	19	Positif	0,51	0,00	Valid	Digunakan
	20	Positif	0,39	0,02	Valid	Digunakan

Hasil analisis butir pernyataan *self assessment* menunjukkan bahwa terdapat butir pernyataan tidak layak digunakan. Interpretasi validitas butir pernyataan didasarkan pada R hitung dan nilai signifikansi. Nilai R hitung diperoleh dari nilai korelasi Pearson yang kemudian dibandingkan dengan nilai R tabel, yaitu 0,37. Butir pernyataan dengan nilai R hitung yang lebih besar dari 0,372 ($R \text{ hitung} > 0,372$) dinyatakan valid. Sementara itu, reliabilitas ditentukan berdasarkan nilai Cronbach's alpha. Instrumen dinyatakan reliabel jika nilai Cronbach's alpha lebih dari 0,60 ($\text{Cronbach's alpha} > 0,60$). Berdasarkan uji reliabilitas, nilai Cronbach's alpha instrumen *self assessment* adalah 0,92 sehingga dinyatakan reliabel.

Rahmat Baharuddin, 2025

PEMBELAJARAN EKOSISTEM MELALUI SISTEM PERMAKULTUR BERBANTUAN ECO-GAMIFICATION SEBAGAI UPAYA UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI BERPIKIR SISTEM DAN KOLABORASI PESERTA DIDIK

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

Tabel 3.5 Hasil Analisis Butir Pernyataan Instrumen *Peer-Assessment* Berdasarkan Hasil Uji Coba

Aspek Kolaborasi	Nomor Pernyataan	Jenis Pernyataan	R Hitung	Nilai Sig.	Interpretasi	Ket.
Kemampuan untuk belajar dari orang lain	1	Positif	0,78	0,00	Valid	Digunakan
	2	Positif	0,73	0,00	Valid	Digunakan
	3	Positif	0,79	0,00	Valid	Digunakan
	4	Positif	0,79	0,00	Valid	Digunakan
Empati dalam Kelompok	5	Positif	0,79	0,00	Valid	Digunakan
	6	Negatif	0,40	0,00	Valid	Digunakan
	7	Positif	0,62	0,02	Valid	Digunakan
	8	Negatif	0,42	0,00	Valid	Digunakan
Kepemimpinan dalam Kelompok	9	Positif	0,19	0,02	Valid	Digunakan
	10	Negatif	0,44	0,00	Valid	Digunakan
	11	Positif	0,63	0,01	Valid	Digunakan
	12	Positif	0,78	0,00	Valid	Digunakan
	13	Positif	0,81	0,00	Valid	Digunakan
	14	Negatif	0,55	0,00	Valid	Digunakan
Manajemen konflik	15	Positif	0,67	0,01	Valid	Digunakan
	16	Negatif	0,52	0,00	Valid	Digunakan
	17	Positif	0,66	0,00	Valid	Digunakan
Pemecahan masalah	18	Positif	0,79	0,00	Valid	Digunakan
	19	Positif	0,77	0,00	Valid	Digunakan
	20	Positif	0,81	0,02	Valid	Digunakan

Hasil analisis butir pernyataan *peer-assessment* menunjukkan bahwa beberapa pernyataan tidak valid. Interpretasi validitas butir pernyataan didasarkan pada R hitung dan nilai signifikansi. Nilai R hitung diperoleh dari nilai korelasi Pearson yang kemudian dibandingkan dengan nilai R tabel yang sesuai (0,37). Butir pernyataan dengan nilai R hitung yang lebih besar dari 0,37 ($R \text{ hitung} > 0,37$) dinyatakan valid. Sementara itu, reliabilitas instrumen ditentukan berdasarkan nilai Cronbach's alpha. Instrumen dinyatakan reliabel jika memenuhi syarat nilai Cronbach's alpha lebih dari 0,60 ($\text{Cronbach's alpha} > 0,60$). Nilai Cronbach's alpha instrumen *peer-assessment* adalah 0,94, sehingga dinyatakan reliabel.

Tabel 3.6 Kisi-Kisi Instrumen Kompetensi Kolaborasi yang Digunakan

Aspek Kolaborasi	Definisi	Indikator Pernyataan	Nomor Pernyataan	Jumlah
Kemampuan untuk belajar dari orang lain	Kemampuan membangun komunikasi efektif untuk memberi dan memperoleh pengetahuan.	Menjalin komunikasi dengan anggota tim.	1, 2	4
		Melakukan refleksi setelah kerja kelompok	3, 4	
Kemampuan untuk memahami dan menghargai kebutuhan, perspektif, dan tindakan dari orang lain (empati)	Kemampuan untuk menghargai sekaligus merespon perasaan, pikiran, dan tindakan orang lain.	Mampu menyesuaikan diri dan menghargai anggota kelompok.	5, 6, 7	4
		Mampu memahami sikap dan tindakan anggota kelompok	8	
Kemampuan untuk memahami, merasakan, dan peka terhadap orang lain (kepemimpinan yang berempati)	Keterampilan memimpin yang menghargai dan mengakomodir perspektif dan kebutuhan orang lain.	Membagi tugas dan tanggung jawab sesuai kapasitas anggota tim.	9, 10, 11	6
		Membantu kesulitan yang dialami rekan tim.	12, 13	
		Mengetahui kontribusi tiap anggota kelompok.	14	
Kemampuan menyelesaikan konflik dalam kelompok	Kemampuan untuk merumuskan solusi dalam mengatasi beda pandangan.	Mampu menyelesaikan perbedaan yang ada.	15, 16	3
		Mempertahankan pemahaman bersama.	17	
Kemampuan untuk terlibat pada pemecahan masalah	Kemampuan untuk terlibat secara aktif pada diskusi tukar pendapat dalam menyelesaikan masalah	Menyediakan sumber daya dan informasi.	18	3
		Menawarkan solusi pemecahan masalah.	19	
		Berkontribusi mencapai tujuan bersama.	20	
Jumlah Total				20

Berdasarkan analisis hasil uji coba, jumlah butir pernyataan pada instrumen *self assessment* dan *peer-assessment* dapat diseragamkan. Seluruh item nomor pernyataan yang tidak valid pada kedua instrumen tersebut sama-sama tidak digunakan pada *self assessment* maupun *peer-assessment* yang digunakan. Mereduksi item pernyataan merupakan praktik yang dapat dilakukan atas dasar pertimbangan tertentu, misalnya untuk menyeragamkan distribusi pernyataan dan meringkas instrumen (Azwar, 2012). Maka dari itu, kedua instrumen memiliki 20 item pernyataan yang terdiri dari 15 pernyataan yang menggunakan kalimat positif dan 5 pernyataan yang menggunakan kalimat negatif. Beberapa keuntungan yang

menjadi pertimbangan atas seleksi item pernyataan tersebut diantaranya yaitu, memudahkan peserta didik untuk mengisi dua jenis instrumen dengan pernyataan yang serupa, memudahkan rekapitulasi hasil jawaban peserta didik dari kedua instrumen, serta seleksi beberapa pernyataan dari kedua instrumen tidak mengubah esensi dari penggunaan instrumen tersebut.

Setiap butir pernyataan pada *self assessment* dan *peer-assessment* menggunakan skala Likert 4 poin. Opsi skala Likert pada setiap pernyataan yaitu Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS). Rentang skor untuk setiap butir pertanyaan adalah satu sampai empat. Penentuan skor pada setiap pernyataan dibedakan berdasarkan jenis pernyataan positif atau negatif. Setiap peserta didik mengisi satu instrumen *self assessment* dan dua *peer-assessment* (masing-masing peserta didik dinilai oleh dua orang anggota kelompoknya). Maka dari itu, skor dan nilai kompetensi kolaborasi satu orang peserta didik diperoleh dari hasil akumulasi *self assessment*, dua *peer-assessment*, dan lembar observasi.

3.5.3 Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kesesuaian rencana pembelajaran dengan realita pelaksanaannya di lapangan. Informasi tersebut berguna sebagai data pendukung yang dapat memberikan gambaran secara lebih komprehensif mengenai pelaksanaan pembelajaran yang dilakukan. Aktivitas guru dan peserta didik selama pembelajaran berlangsung dan proses pembelajaran itu sendiri diperoleh melalui penggunaan lembar observasi berdasarkan hasil pengamatan observer. Informasi tersebut memberikan gambaran mengenai tantangan dan peluang yang ada terkait pelaksanaan rencana pembelajaran. Lembar observasi diisi oleh satu orang pengamat di setiap pertemuan pembelajaran. Lembar observasi memuat pernyataan aktivitas yang dilakukan oleh peserta didik dan guru yang terdapat pada rencana pelaksanaan pembelajaran. Lembar observasi diisi oleh pengamat dengan membubuhkan tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia jika kegiatan pembelajaran terlaksana. Aspek yang dipertimbangkan dalam menilai keterlaksanaan pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 3.7 dan Lampiran 16.

Tabel 3.7 Kisi-Kisi Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Aspek Pembelajaran	Indikator Pernyataan
Langkah pembelajaran	Keterlaksanaan seluruh langkah pembelajaran sesuai modul ajar yang meliputi kegiatan pendahuluan, kegiatan inti, dan penutup (disesuaikan dengan langkah pembelajaran pada modul ajar untuk setiap pertemuan).
Pengelolaan waktu	Kesesuaian rencana alokasi waktu dengan pelaksanaannya di kelas.
Manajemen kelas	Pengkondisian suasana kelas oleh guru selama pelaksanaan pembelajaran

Kualitas keterlaksanaan pembelajaran secara umum dapat dievaluasi melalui aspek keterlaksanaan langkah-langkah pembelajaran. Walaupun demikian, terdapat unsur atau aspek-aspek lain yang juga turut berpengaruh dalam menentukan kualitas pembelajaran, seperti pengelolaan kelas oleh pengajar dan efektivitas waktu pembelajaran. Analisis hasil penelitian pendidikan mengenai praktik pembelajaran menunjukkan bahwa manajemen kelas memberikan pengaruh terhadap kualitas pembelajaran (Mustafa *et al.*, 2024; Mustari & Muhammad, 2023). Selain itu, efektivitas waktu pembelajaran juga memengaruhi kualitas pembelajaran yang dilakukan (Leek *et al.*, 2024). Oleh karena itu, guru tidak hanya perlu memastikan langkah-langkah pembelajaran terlaksana dengan baik, tetapi juga harus mampu mengelola kelas secara kondusif dan memanfaatkan waktu secara optimal.

Manajemen atau pengelolaan kelas yang efektif selama pembelajaran dapat menciptakan suasana belajar yang lebih terstruktur dan kondusif sehingga, peserta didik dapat mengikuti seluruh proses pembelajaran dengan lebih optimal. Selain itu, pemanfaatan waktu pembelajaran yang efisien akan meningkatkan produktivitas belajar serta memungkinkan peserta didik untuk mengerjakan tugas secara lebih terstruktur. Maka dari itu, selain keterlaksanaan setiap tahapan pembelajaran, dua unsur lainnya meliputi manajemen kelas dan efektivitas pengelolaan waktu pembelajaran juga perlu diperimbangkan dalam mengkaji keterlaksanaan pembelajaran.

Keterlaksanaan pembelajaran juga didokumentasikan melalui catatan lapangan atau *field notes*. Catatan lapangan digunakan untuk mendokumentasikan secara tertulis berbagai peristiwa penting yang berkaitan dengan pelaksanaan kegiatan pembelajaran. Dengan demikian, catatan tersebut membantu merekam proses pembelajaran secara lebih detail dan kontekstual, serta dapat digunakan sebagai bahan refleksi maupun evaluasi dalam menguraikan karakteristik pembelajaran dan berbagai peristiwa yang terjadi selama pembelajaran. Informasi pada catatan lapangan memberikan gambaran mengenai kecenderungan perilaku peserta didik selama kegiatan pembelajaran berlangsung, tantangan dan peluang terkait pelaksanaan kegiatan pembelajaran, serta refleksi pengajar dari hasil pelaksanaan pembelajaran. Dokumentasi proses pembelajaran juga dilakukan dalam bentuk gambar foto dan video menggunakan perangkat kamera. Dokumentasi gambar memudahkan proses peninjauan ulang aktivitas dan kegiatan pembelajaran yang dilakukan oleh peserta didik. Penggunaan catatan lapangan atau *field note* dan pendokumentasian dilakukan pada setiap pertemuan pembelajaran.

3.5.4 Angket Respons Peserta Didik

Informasi mengenai persepsi peserta didik setelah mengikuti pembelajaran materi ekosistem melalui sistem permakultur berbantuan *eco-gamification* diperoleh melalui penggunaan angket respons peserta didik. Angket respons ini digunakan sebagai instrumen untuk menghimpun data pendukung yang dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pelaksanaan pembelajaran dari sudut pandang pengalaman peserta didik selama mengikuti pembelajaran. Angket respons peserta didik menggunakan skala Likert 4 poin dengan opsi jawaban yaitu Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS). Pernyataan dalam angket tersebut mencakup berbagai elemen pembelajaran yang bersinggungan langsung dengan peserta didik, seperti penggunaan sistem permakultur sebagai sumber belajar, pengintegrasian elemen gamifikasi selama pembelajaran, serta aspek lainnya yang relevan.

Respons peserta didik terhadap pembelajaran dapat memberikan informasi tambahan mengenai pengalaman belajar yang diperoleh peserta didik. Persepsi atau tanggapan peserta didik memberikan gambaran mengenai pengimplementasian

perlakuan atau *treatment* dari sudut pandang peserta didik sebagai partisipan dalam penelitian (Chan & Hu, 2023). Hal tersebut penting untuk dikaji guna memahami bagaimana peserta didik merasakan dan menilai pengalaman belajar yang mereka peroleh selama mengikuti pembelajaran. Informasi yang diperoleh melalui angket respons ini juga dapat dimanfaatkan untuk merumuskan kelebihan dan kelemahan pembelajaran. Saran dan rekomendasi perbaikan pembelajaran dapat dilakukan melalui refleksi hasil analisis tanggapan peserta didik terhadap proses pembelajaran. Oleh karena itu, angket respons diberikan kepada peserta didik setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai agar dapat menggambarkan pengalaman mereka secara utuh. Kisi-kisi angket respons peserta didik dapat dilihat pada Tabel 3.8 dan Lampiran 17.

Tabel 3.8 Kisi-Kisi Angket Respons Peserta Didik terhadap Pembelajaran

No	Indikator Pernyataan	Nomor Pernyataan	Jenis Pernyataan	Jumlah
1	Pembelajaran sistem permakultur berbantuan <i>eco-gamification</i> mendukung pemahaman konsep ekosistem pada peserta didik.	1	Positif	2
		8	Negatif	
2	Keunggulan pembelajaran melalui sistem permakultur berbantuan <i>eco-gamification</i> .	2	Positif	6
		3	Positif	
		4	Positif	
		10	Positif	
		11	Negatif	
		14	Negatif	
3	Pembelajaran melalui sistem permakultur berbantuan <i>eco-gamification</i> melatih kompetensi berpikir sistem	6	Positif	2
		7	Positif	
4	Pembelajaran melalui sistem permakultur berbantuan <i>eco-gamification</i> melatih kompetensi kolaborasi	12	Positif	4
		13	Positif	
		15	Positif	
		16	Positif	
5	Komponen aktivitas dan penugasan dalam kegiatan pembelajaran melalui sistem permakultur berbantuan <i>eco-gamification</i> .	9	Negatif	2
		5	Negatif	
Jumlah				16

Rahmat Baharuddin, 2025

PEMBELAJARAN EKOSISTEM MELALUI SISTEM PERMAKULTUR BERBANTUAN ECO-GAMIFICATION SEBAGAI UPAYA UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI BERPIKIR SISTEM DAN KOLABORASI PESERTA DIDIK

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

3.6 Analisis Data Hasil Penelitian

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis data kompetensi berpikir sistem dan kolaborasi peserta didik. Data dari kedua variabel penelitian tersebut diperoleh melalui nilai *pretest* dan *posttest* yang dikerjakan oleh peserta didik sebelum dan setelah mengikuti pembelajaran. Hasil *pretest* dan *posttest* diperiksa sesuai dengan panduan penskoran dan rubrik penilaian hingga diperoleh nilai untuk setiap peserta didik dari kedua kelas. Hasil *pretest* dan *posttest* untuk kompetensi berpikir sistem dan kompetensi kolaborasi peserta didik dinyatakan dalam bentuk nilai dengan rentang 0–100. Nilai yang diperoleh lalu dianalisis secara kuantitatif melalui analisis statistik deskriptif dan analisis statistik inferensial yaitu menggunakan uji beda. Analisis statistik deskriptif data meliputi nilai rata-rata, standar deviasi, nilai maksimum, dan nilai minimum pada kedua kelas. Sementara itu, analisis statistik inferensial menggunakan uji beda. Selain statistik deskriptif dan uji beda, nilai N-Gain juga dihitung untuk memperoleh informasi mengenai derajat efek dari proses pembelajaran terhadap hasil belajar peserta didik.

Kategori atau level kompetensi berpikir sistem dan kompetensi kolaborasi peserta didik dievaluasi atau ditentukan berdasarkan adaptasi dari rubrik penilaian seperti yang disebutkan pada bagian definisi operasional. Kedua rubrik penilaian yang digunakan tersebut masing-masing mengklasifikasikan kompetensi berpikir sistem dan kompetensi kolaborasi peserta didik menjadi empat kategori dengan tingkatan penguasaan kompetensi yang berbeda-beda. Penentuan interval nilai untuk setiap kategori dilakukan dengan merujuk kepada Attenborough (2003), dengan mempertimbangkan jumlah kelas (kategori) untuk menentukan interval pada setiap kelas (kategori) sehingga, diperoleh rentang nilai untuk setiap kategori seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Rentang Nilai dan Klasifikasi Kategori Kompetensi Peserta Didik

Rentang Nilai	Kategori	
	Berpikir Sistem	Kolaborasi
1–25	<i>Pre-aware</i>	<i>Beginning</i>
26–50	<i>Emerging</i>	<i>Emerging</i>
51–75	<i>Develop</i>	<i>Developing</i>
76–100	<i>Mastery</i>	<i>Demonstrating</i>

Pengolahan data meliputi pengorganisasian, rekapitulasi nilai, dan analisis data dilakukan menggunakan aplikasi Microsoft Office Excel dan IBM SPSS Statistics 27. Dasar dan arah analisis pengaruh dari perlakuan ditentukan berdasarkan hasil uji beda nilai *pretest* peserta didik dari kedua kelas. Uji beda dilakukan pada nilai *pretest* peserta didik dari kelas kontrol dan kelas eksperimen untuk membandingkan kompetensi awal peserta didik sebelum mendapatkan perlakuan. Berdasarkan hasil uji prasyarat, data *pretest* kompetensi berpikir sistem peserta didik dianalisis menggunakan uji beda non-parametrik untuk data dua kelompok data tidak berpasangan, yaitu uji Mann-Whitney U. Sementara itu, data *pretest* kompetensi kolaborasi peserta didik dianalisis menggunakan uji beda parametrik untuk dua kelompok data tidak berpasangan, yaitu *independent sample t-test*. Nilai alfa yang digunakan yaitu 0,05 atau tingkat keyakinan 95%. Pemaparan berikut ini menguraikan secara lebih rinci mengenai analisis data untuk setiap variabel penelitian.

3.6.1 Analisis Data Kompetensi Berpikir Sistem Peserta Didik

Data kompetensi berpikir sistem peserta didik diperoleh dari nilai *pretest* dan *posttest* dari kedua kelas kontrol dan eksperimen. Data tersebut dinyatakan dalam bentuk nilai dan termasuk ke dalam golongan data interval. Rekapitulasi skor dari jawaban *pretest* (Lampiran 19) dan *posttest* (Lampiran 21) yang diperoleh peserta didik sekaligus konversinya ke dalam bentuk nilai dengan rentang 0–100 dilakukan menggunakan aplikasi Microsoft Office Excel. Kompetensi berpikir sistem peserta didik dievaluasi menggunakan rubrik penilaian kompetensi berpikir sistem yang dikembangkan oleh Semiz & Teksöz (2019) dengan empat kategori atau tingkat penguasaan kompetensi berpikir sistem yaitu *pre-aware*, *emerging*, *developing*, dan *mastery*. Nilai yang diperoleh setiap peserta didik dari masing-masing kelas kemudian dianalisis secara statistik deskriptif untuk menentukan nilai rata-rata setiap kelas, nilai maksimum, nilai minimum, serta standar deviasi.

1. Penghitungan Nilai *Gain*

Nilai *gain* setiap peserta didik dari kelas kontrol dan eksperimen dihitung dengan cara mencari selisih nilai antara *posttest* dan *pretest*. Nilai *gain* peserta didik dari kedua kelas tersebut kemudian dianalisis secara statistik deskriptif untuk

menentukan nilai rata-rata *gain* setiap kelas, nilai maksimum, nilai minimum, serta standar deviasi. Setelah itu, nilai *gain* peserta didik kedua kelas dibandingkan melalui analisis uji statistik inferensial dengan menggunakan uji beda. Analisis statistik deskriptif dan inferensial dilakukan menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistics 27. Uji statistik inferensial yang dilakukan meliputi uji prasyarat yang terdiri dari uji normalitas (Shapiro-Wilk) dan uji homogenitas (Levene's *test*) untuk menentukan jenis uji beda yang sesuai berdasarkan pemenuhan asumsi dari data.

2. Uji Prasyarat

Uji prasyarat yang diperlukan sebelum melakukan uji beda yaitu, uji normalitas dan homogenitas. Jenis uji statistik inferensial yang digunakan untuk uji hipotesis ditentukan berdasarkan hasil uji prasyarat. Uji parametrik digunakan jika kedua asumsi atau prasyarat terpenuhi yaitu, data berdistribusi normal dan data memiliki variansi yang homogen. Sebaliknya, jika terdapat prasyarat yang tidak terpenuhi maka digunakan uji non-parametrik.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menentukan apakah data berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas yang dilakukan pada penelitian ini adalah Shapiro-Wilk karena jumlah subjek pada setiap kelas adalah 25 orang (< 50). Hasil uji Shapiro-Wilk ditentukan berdasarkan nilai signifikansi atau nilai p . Jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 ($p < 0,05$) maka, data dinyatakan memiliki distribusi yang tidak normal begitupun sebaliknya.

b. Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah data memiliki variansi yang homogen atau tidak. Uji homogenitas yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan Levene's *test*. Interpretasi hasil Levene's *test* ditentukan berdasarkan nilai signifikansi atau nilai p . Jika nilai signifikansi hasil uji homogenitas kurang dari nilai alfa 0,05 ($p < 0,05$) maka, data dinyatakan memiliki variansi yang tidak homogen begitupun sebaliknya, jika nilai signifikansi lebih besar dari nilai alfa maka, data dinyatakan memiliki variansi yang homogen. Hasil uji homogenitas tersebut menjadi dasar penentuan untuk penentuan jenis uji beda yang dapat dilakukan.

3. Uji Beda

Uji beda dilakukan untuk membandingkan nilai dari kelas kontrol dan eksperimen, sehingga uji beda yang digunakan adalah uji beda untuk dua kelompok data tidak berpasangan. Hasil uji beda akan menunjukkan ada atau tidaknya perbedaan signifikan antara nilai dari kedua kelas. Interpretasi hasil uji beda ditentukan berdasarkan nilai signifikansi (*Asymp. Sig. 2-tailed*) atau nilai *p*. Jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 ($p < 0,05$) maka, data dinyatakan berbeda signifikan begitupun sebaliknya. Peningkatan kompetensi berpikir sistem peserta didik setelah mengikuti pembelajaran materi ekosistem melalui sistem permakultur berbantuan *eco-gamification* dianalisis melalui uji beda nilai *gain*.

4. Nilai N-Gain

Analisis nilai N-Gain atau *Normalized Gain* dilakukan untuk menentukan efektivitas dari pembelajaran yang dilakukan baik pada kelas kontrol maupun kelas eksperimen. Informasi tersebut memberikan gambaran mengenai efektivitas pembelajaran yang dilakukan terhadap peningkatan kompetensi berpikir sistem peserta didik. Nilai N-Gain membandingkan peningkatan nilai antara *pretest* dan *posttest* yang ternormalisasi. Teknik analisis serta interpretasi nilai N-Gain merujuk pada Hake (1998) seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.11. Nilai N-Gain masing-masing peserta didik dihitung untuk mengetahui distribusi efektivitas pembelajaran terhadap perkembangan kompetensi setiap individu. Nilai N-Gain diinterpretasikan menjadi tiga kategori efektivitas pembelajaran yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Nilai N-Gain setiap peserta didik pada kelas kontrol dan eksperimen diklasifikasikan ke dalam tiga kategori tersebut, kemudian persentase peserta didik pada masing-masing kategori dihitung untuk menentukan distribusi kategori N-Gain di setiap kelas.

Tabel 3.10 Interpretasi Nilai N-Gain

Nilai <i>d</i>	Interpretasi (Ukuran Efek)
$g < 0,3$	Rendah
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$g \geq 0,7$	Tinggi

(Sumber: Hake, 1998)

5. Ketuntasan Hasil Belajar Peserta Didik pada Kompetensi Berpikir Sistem

Capaian ketuntasan hasil belajar merupakan ketercapaian tujuan pembelajaran ditinjau dari Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM). Analisis capaian tersebut memberikan informasi mengenai sejauh mana pembelajaran yang dilakukan dapat mengakomodasi sasaran pembelajaran yang hendak dicapai. Dalam konteks penelitian ini, jika uji statistik melalui uji beda untuk penarikan kesimpulan meninjau ada atau tidaknya perbedaan signifikan pada hasil belajar peserta didik antara kedua kelas, maka melalui analisis capaian hasil belajar, nilai peserta didik dianalisis ketuntasannya dengan merujuk pada KKM untuk menentukan apakah perbedaan nilai yang terdapat kedua kelas tersebut bermakna dalam hal pencapaian tujuan pembelajaran. Capaian hasil belajar dianalisis dengan menghitung persentase peserta didik yang mencapai nilai $KKM \geq 75$.

3.6.2 Analisis Data Kompetensi Kolaborasi Peserta Didik

Data kompetensi kolaborasi peserta didik diperoleh dari akumulasi nilai *self assessment*, dua *peer-assessment*, dan lembar observasi yang digunakan oleh guru. Perangkat instrumen tersebut digunakan sebelum pembelajaran untuk memperoleh data *pretest* dan setelah peserta didik mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran untuk memperoleh data *posttest*. Data asesmen non-tes untuk kompetensi kolaborasi dikonversi menjadi angka dengan rentang 0 – 100. Prosedur konversi skor skala Likert menjadi angka dengan rentang 0 – 100 merujuk pada Sullivan & Artino (2013). Skor untuk setiap item pernyataan dalam instrumen kolaborasi ditentukan berdasarkan jenis pernyataan positif maupun negatif dengan rentang skor 1 – 4. Total skor untuk tiap peserta didik lalu dikonversi menjadi angka dengan rentang 0–100.

Konversi skor yang diperoleh peserta didik tersebut dilakukan untuk memudahkan analisis data, terutama untuk memudahkan melihat kecenderungan peningkatan kualitas kompetensi kolaborasi peserta didik pada setiap aspek karena rentang nilai 0 – 100 memiliki bentangan yang lebih lebar dibandingkan dengan rentang skor 1 – 4. Praktik konversi skor serupa telah umum digunakan pada penelitian sosial dan pendidikan (Wu & Leung, 2017). Kompetensi kolaborasi peserta didik dievaluasi menggunakan rubrik penilaian kompetensi kolaborasi yang

dikembangkan oleh Evans (2020) pada National Center for Improvement of Educational Assessment. Terdapat empat kategori kompetensi kolaborasi yaitu *beginning*, *emerging*, *developing*, dan *demonstrating*.

Data ordinal yang diperoleh dari instrumen kolaborasi yang dikonversi menjadi nilai selanjutnya dapat dianalisis menggunakan statistik parametrik (Boone & Boone, 2012; Eiselen & Huyssteen, 2023). Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh Mircioiu & Atkinson (2017), membatasi pengolahan data pada uji non-parametrik untuk data ordinal dari instrumen yang menggunakan skala Likert berdampak pada keterbatasan informasi yang juga dapat berakibat pada kesalahan penarikan kesimpulan. Maka dari itu, data ordinal dari instrumen yang menggunakan skala Likert direkomendasikan untuk diolah menggunakan uji parametrik selama data memenuhi asumsi yang telah ditetapkan (berdistribusi normal dan variansi yang homogen). Rekapitulasi skor dari jawaban *pretest* (Lampiran 24) dan *posttest* (Lampiran 26) peserta didik sekaligus konversinya ke dalam bentuk nilai dengan rentang 1–100 dilakukan menggunakan aplikasi Microsoft Office Excel.

1. Penghitungan Nilai *Gain*

Nilai setiap peserta didik dari masing-masing kelas eksperimen dan kontrol selanjutnya dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menentukan nilai rata-rata kelas, nilai tertinggi, nilai terendah, serta standar deviasi. Setelah itu, nilai *gain* setiap peserta didik dari kedua kelas dihitung dengan cara mencari selisih nilai antara *posttest* dan *pretest*. Nilai *gain* peserta didik dari kedua kelas tersebut kemudian dibandingkan melalui analisis uji statistik inferensial dengan menggunakan uji beda. Analisis statistik deskriptif dan inferensial dilakukan menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistics 27. Uji statistik inferensial meliputi uji prasyarat yang terdiri dari uji normalitas dan uji homogenitas untuk menentukan jenis uji beda yang sesuai.

2. Uji Prasyarat

Jenis uji statistik inferensial yang digunakan untuk uji hipotesis ditentukan berdasarkan hasil uji prasyarat. Sama seperti pada analisis data kompetensi berpikir sistem, uji prasyarat yang diperlukan sebelum melakukan uji beda yaitu, uji

normalitas dan homogenitas. Uji parametrik digunakan jika kedua asumsi atau prasyarat terpenuhi yaitu, data berdistribusi normal dan data memiliki variansi yang homogen. Sebaliknya, jika terdapat prasyarat yang tidak terpenuhi maka digunakan uji non-parametrik.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menentukan apakah nilai *gain* kompetensi kolaborasi peserta didik dari kelas kontrol dan eksperimen berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas yang digunakan pada penelitian ini adalah uji Shapiro-Wilk karena jumlah subjek pada setiap kelas adalah 25 orang (< 50). Hasil uji Shapiro-Wilk ditentukan berdasarkan nilai signifikansi atau nilai p . Jika nilai signifikansi yang diperoleh kurang dari 0,05 ($p < 0,05$) maka, data dinyatakan memiliki distribusi yang tidak normal, begitupun sebaliknya.

b. Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah data dari kedua kelas memiliki variansi yang homogen atau tidak. Uji homogenitas yang digunakan pada penelitian ini adalah Levene's *test*. Interpretasi dari hasil Levene's *test* ditentukan berdasarkan nilai signifikansi atau nilai p yang diperoleh. Jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 ($p < 0,05$) maka, data dinyatakan memiliki variansi yang tidak homogen, begitupun sebaliknya.

3. Uji Beda

Uji beda dilakukan untuk membandingkan nilai rata-rata *gain* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen, sehingga uji beda yang digunakan adalah uji beda untuk dua kelompok data tidak berpasangan. Hasil uji beda akan menunjukkan ada atau tidaknya perbedaan signifikan antara nilai dari kedua kelas tersebut. Hasil uji beda tersebut dapat dijadikan sebagai dasar untuk mengevaluasi dampak dari pembelajaran yang dilakukan terhadap peningkatan penguasaan peserta didik terhadap kompetensi kolaborasi. Hasil uji prasyarat dari nilai *gain* peserta didik akan digunakan sebagai dasar penentuan penggunaan uji beda parametrik maupun non parametrik. Hasil uji beda ditentukan berdasarkan nilai signifikansi (*Asymp. Sig. 2-tailed*) atau nilai p . Jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 ($p < 0,05$) maka, data dinyatakan berbeda signifikan, begitupun sebaliknya.

4. Nilai N-Gain

Analisis nilai N-Gain atau *Normalized Gain* dilakukan untuk menentukan efektivitas dari pembelajaran yang dilakukan. Informasi tersebut memberikan gambaran mengenai efektivitas pembelajaran yang dilakukan terhadap kompetensi kolaborasi peserta didik. Nilai N-Gain membandingkan peningkatan nilai antara *pretest* dan *posttest* yang ternormalisasi. Teknik analisis atau penentuan nilai N-Gain merujuk pada Hake (1998). Interpretasi nilai n-gain yang diperoleh untuk menganalisis efektivitas pembelajaran dalam meningkatkan kompetensi kolaborasi dilakukan dengan cara yang sama seperti pada data kompetensi berpikir sistem. Maka dari itu, nilai N-Gain digunakan untuk menentukan derajat efektivitas dari pembelajaran atau perlakuan yang diterima oleh peserta didik.

5. Ketuntasan Hasil Belajar Peserta Didik pada Kompetensi Kolaborasi

Analisis ketuntasan hasil belajar peserta didik dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai sejauh mana pembelajaran yang telah dilakukan dapat mengakomodasi ketercapaian target pembelajaran. Dalam konteks penelitian ini, jika uji statistik yang dilakukan melalui uji beda untuk penarikan kesimpulan meninjau ada atau tidaknya perbedaan signifikan pada hasil belajar peserta didik antara kedua kelas, maka melalui analisis capaian hasil belajar, nilai peserta didik dianalisis ketuntasannya dengan merujuk pada KKM untuk menentukan apakah hasil uji statistik tersebut bermakna dalam hal pencapaian tujuan pembelajaran. Capaian hasil belajar dianalisis dengan cara yang sama seperti pada kompetensi berpikir sistem melalui persentase peserta didik yang mencapai nilai $KKM \geq 75$.

3.6.3 Analisis Data Keterlaksanaan Pembelajaran

Data yang diperoleh melalui lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dianalisis dengan cara menentukan persentase tingkat keterlaksanaan pembelajaran pada setiap aspek. Data keterlaksanaan pembelajaran yang diperoleh melalui lembar observasi berupa pernyataan Ya atau Tidak. Maka dari itu, analisis data keterlaksanaan pembelajaran dilakukan dengan menghitung jumlah jawaban Ya pada setiap pernyataan, kemudian membandingkannya dengan total jumlah pernyataan yang terdapat pada lembar observasi. Selanjutnya, nilai yang diperoleh dikonversi menjadi bentuk persen untuk menyatakan persentase keterlaksanaan

pembelajaran. Interpretasi persentase keterlaksanaan pembelajaran merujuk pada kategori yang dirumuskan oleh Sanjaya (2014) dengan kriteria seperti yang disajikan pada Tabel 3.12. Data kualitatif yang diperoleh melalui *field note* atau catatan lapangan digunakan untuk mendukung deskripsi keterlaksanaan pembelajaran sekaligus sebagai informasi penunjang pembahasan berbagai hal yang berkaitan dengan pelaksanaan pembelajaran.

Tabel 3.11 Interpretasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Persentase Keterlaksanaan (%)	Kategori
81 – 100	Sangat tinggi
61 – 80	Tinggi
41 – 60	Cukup
21 – 40	Sangat rendah
0 – 20	Rendah

(Sumber: Sanjaya, 2014)

3.6.4 Analisis Data Respons Peserta Didik terhadap Pembelajaran

Data yang diperoleh melalui angket respons peserta didik terhadap pembelajaran dianalisis dengan cara menghitung persentase respons yang diberikan oleh peserta didik pada setiap item pernyataan. Respons yang diberikan oleh peserta didik pada setiap item pernyataan berkisar antara 1 – 4, setiap respons yang diberikan oleh peserta didik lalu diberi skor sesuai dengan jenis masing-masing pernyataan (positif maupun negatif). Akumulasi skor dari setiap pernyataan selanjutnya dinyatakan dalam bentuk persen untuk menyatakan persentase respons peserta didik. Interpretasi persentase respons peserta didik terhadap pembelajaran merujuk pada kategori yang dirumuskan oleh Sugiyono (2019) dengan kriteria seperti yang disajikan pada Tabel 3.13.

Tabel 3.12 Interpretasi Respons Peserta Didik terhadap Pembelajaran

Interval Rata-Rata Skor (%)	Kategori
$81,25 < \text{skor} \leq 100$	Sangat baik
$62,50 < \text{skor} \leq 81,25$	Baik
$43,70 < \text{skor} \leq 62,50$	Cukup
$25,00 < \text{skor} \leq 43,70$	Sangat kurang

(Sumber: Sugiyono, 2019)

3.7 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari tiga tahapan utama yang dilakukan meliputi tahap pendahuluan, tahap pelaksanaan, dan tahap pelaporan. Setiap tahapan terdiri dari beberapa langkah yang berkesinambungan. Studi pendahuluan hingga pengembangan instrumen penelitian dilakukan pada tahap pendahuluan. Selain itu, tahap pendahuluan juga mencakup penyelesaian berbagai persyaratan administratif, seperti perizinan penelitian dan koordinasi dengan berbagai pihak terkait. Selanjutnya, pelaksanaan penelitian berupa pengumpulan data terkait kompetensi berpikir sistem dan kompetensi kolaborasi peserta didik serta proses pembelajaran sebagai *treatment* atau perlakuan dilaksanakan pada tahap pelaksanaan. Tahap pelaporan merupakan tahap akhir dari rangkaian prosedur penelitian. Analisis data, interpretasi hasil penelitian, dan penyusunan laporan penelitian dilakukan pada tahap pelaporan.

3.7.1 Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan dimulai dengan analisis kebutuhan dan problematika pembelajaran yang saat ini masih dijumpai di sekolah melalui studi pustaka. Berbagai informasi yang telah diperoleh dari pelaksanaan langkah pertama pada tahapan pendahuluan tersebut kemudian disusun menjadi ide atau rancangan awal penelitian. Ide beserta rancangan awal penelitian selanjutnya dianalisis lebih lanjut dan disesuaikan dengan keadaan riil di lapangan melalui observasi pembelajaran di sekolah dan wawancara yang dilakukan dengan guru mata pelajaran. Selain itu, kegiatan observasi dan wawancara dengan guru digunakan untuk memperoleh informasi mengenai strategi pembelajaran yang biasanya dilakukan oleh guru di sekolah. Karakteristik pembelajaran yang biasanya dilakukan oleh guru diterapkan pada kelas kontrol. Administrasi untuk izin pelaksanaan penelitian kepada pihak sekolah juga dilakukan pada tahap pendahuluan.

Pengembangan sistem permakultur dilakukan pada tahap pendahuluan. Peninjauan dan perizinan penggunaan lokasi Kebun Botani Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) merupakan tahap awal pengembangan sistem permakultur. Kebun Botani UPI dipilih sebagai lokasi pengembangan sistem permakultur dengan pertimbangan bahwa lokasi tersebut masih berada di kawasan sekitar sekolah

sehingga, memudahkan peserta didik untuk mengakses lokasi tersebut. Selain itu, Kebun Botani UPI juga memiliki sarana dan prasarana yang mendukung dan memadai untuk keperluan pengembangan sistem permakultur. Terdapat berbagai macam pos pembelajaran yang telah tersedia di Kebun Botani UPI. Beberapa pos pembelajaran yang potensial untuk digunakan sebagai sumber belajar dan sesuai dengan prinsip sistem permakultur lalu dibenahi dan dikembangkan. Terdapat empat pos pembelajaran yang menyusun sistem permakultur yang dikembangkan yaitu, pos perkebunan sayuran dan buah-buahan, pos akuaponik, pos pengomposan, dan pos budidaya lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*).

Instrumen penelitian berupa instrumen pengumpul data dan modul ajar atau perangkat pembelajaran juga dikembangkan pada tahap pendahuluan. Modul ajar dikembangkan sesuai dengan rencana penelitian kemudian dikonsultasikan kepada dosen pembimbing. Instrumen pengumpul data disusun, kemudian dikonsultasikan kepada dosen pembimbing dan validator ahli. Selanjutnya, instrumen diperbaiki berdasarkan saran dan masukan dari validator ahli. Instrumen yang telah dinyatakan layak selanjutnya diujicobakan secara terbatas kepada peserta didik dengan karakteristik yang serupa dengan subjek penelitian. Data hasil uji coba instrumen kemudian dianalisis untuk menentukan validitas dan reliabilitas instrumen. Hasil analisis tersebut digunakan untuk menentukan butir atau item dari instrumen yang layak untuk digunakan pada tahap pelaksanaan penelitian.

3.7.2 Tahap Pelaksanaan

Langkah pertama pada tahap pelaksanaan yaitu pengerjaan *pretest* oleh peserta didik kelas di kelas kontrol dan kelas eksperimen. Peserta didik mengisi *self assessment* dan *peer-assessment* kolaborasi melalui *google form* dan *paper-based* setelah melaksanakan diskusi kelompok. *Pretest* kompetensi berpikir sistem dilakukan melalui pengerjaan soal kompetensi berpikir sistem bermuatan elemen-elemen ekosistem oleh peserta didik. Pelaksanaan pembelajaran dilakukan pada pertemuan berikutnya. Kelas kontrol dan kelas eksperimen masing-masing mendapatkan empat pertemuan pembelajaran tatap muka dengan total enam jam pelajaran untuk setiap kelas. Jadwal dan alokasi waktu pembelajaran disesuaikan dengan aturan sekolah.

Alokasi empat pertemuan pembelajaran tatap muka disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran materi ekosistem untuk setiap kelas. Peserta didik kelas kontrol melakukan eksplorasi taman sekolah untuk mempelajari konsep ekosistem sedangkan, kelas eksperimen melakukan eksplorasi sistem permakultur. Peserta didik kelas kontrol melakukan pembelajaran luar ruangan satu kali untuk observasi komponen penyusun ekosistem taman sekolah sedangkan, peserta didik kelas eksperimen melakukan eksplorasi sistem permakultur sebanyak dua kali dengan pos pembelajaran yang berbeda di setiap pertemuannya. Peserta didik kelas eksperimen melakukan eksplorasi pos perkebunan pada pertemuan pertama dan eksplorasi pos akuaponik, pos pengomposan, dan pos budidaya lalat BSF pada pertemuan *outdoor* yang kedua.

Peserta didik pada kedua kelas secara aktif melakukan diskusi dan kerja kelompok pada setiap pertemuan pembelajaran. Selain berbeda pada sumber belajar utama, pembelajaran kedua kelas juga dibedakan dari strategi kerjasama antar individu dalam kelompok. Peserta didik pada kelas eksperimen melakukan kerja kelompok ditambah dengan pengintegrasian elemen-elemen gamifikasi seperti pemberian poin dan kompetisi antar kelompok maupun individu. Sementara itu, peserta didik pada kelas kontrol melakukan diskusi atau kerja kelompok seperti biasanya tanpa pengintegrasian elemen gamifikasi. Tahapan pelaksanaan pembelajaran yang dilakukan peserta didik pada kelas kontrol dan kelas eksperimen secara rinci terdapat pada Tabel 3.13, Lampiran 1, dan Lampiran 2.

Tabel 3.13 Tahapan Pembelajaran pada Kelas Kontrol dan Eksperimen

Pertemuan	Kegiatan Inti Pembelajaran	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
I (2 JP x 40 menit)	• Guru membagi peserta didik menjadi 5 kelompok. • Peserta didik melakukan observasi pos perkebunan pada sistem permakultur. • Peserta didik antar kelompok berkompetisi mengidentifikasi sebanyak mungkin komponen penyusun ekosistem kebun. • Peserta didik mengerjakan LKPD.	• Guru membagi peserta didik menjadi 5 kelompok. • Peserta didik melakukan observasi di taman sekolah. • Peserta didik mengidentifikasi komponen penyusun ekosistem taman. • Peserta didik mengerjakan LKPD. • Peserta didik menyampaikan kesimpulan pelajaran dan

Pertemuan	Kegiatan Inti Pembelajaran	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
	• Peserta didik mengerjakan misi QR quiz untuk mendapatkan poin tambahan. • Peserta didik mengikuti champions battle berupa kuis individu berisi soal tentang ekosistem pada pos perkebunan. • Pemenang champions battle menyampaikan kesimpulan pelajaran. • Pemberian rewards kepada kelompok dan individu terbaik.	melakukan refleksi pembelajaran bersama guru.
II (1 JP x 40 menit)	• Guru mengarahkan peserta didik bergabung dengan kelompok masing-masing. • Peserta didik menyimak simulasi penyusunan jaring-jaring makanan, aliran energi, dan piramida ekologi oleh guru. • Peserta didik menyimak arahan guru mengenai pemberian poin hasil kerja kelompok. • Peserta didik berdiskusi mengerjakan LKPD: menyusun jaring-jaring makanan, aliran energi, dan piramida ekologi (menggunakan hasil identifikasi komponen ekosistem pada pertemuan I) dengan panduan guru. • Peserta didik menyampaikan kesimpulan pelajaran dan melakukan refleksi pembelajaran bersama guru.	• Peserta didik menyimak penjelasan guru mengenai jaring-jaring makanan, aliran energi, dan piramida ekologi. • Peserta didik melakukan tanya jawab terkait konsep jaring-jaring makanan, aliran energi, dan piramida ekologi. • Guru mengarahkan peserta didik duduk berkelompok. • Peserta didik berdiskusi mengerjakan LKPD: menyusun jaring-jaring makanan, aliran energi, dan piramida ekologi (menggunakan hasil identifikasi komponen ekosistem pada pertemuan I) dengan panduan guru. • Peserta didik menyampaikan kesimpulan pelajaran dan melakukan refleksi pembelajaran bersama guru.
III (2 JP x 40 menit)	• Guru mengarahkan peserta didik duduk berkelompok. • Guru membagikan LKPD kepada peserta didik (LKPD dikerjakan oleh peserta didik saat berkeliling ke setiap pos pembelajaran). • Peserta didik menyimak penjelasan guru mengenai setiap pos pembelajaran.	• Peserta didik menyimak penjelasan guru mengenai materi daur biogeokimia, jenis-jenis ekosistem, dan pemanfaatan konsep ekosistem dalam kehidupan sehari-hari terkait pengolahan limbah organik melalui pengomposan.

Pertemuan	Kegiatan Inti Pembelajaran	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
	• Peserta didik melakukan eksplorasi pos akuaponik untuk mempelajari konsep daur biogeokimia (bagian daur nitrogen) sekaligus mempelajari akuaponik sebagai alternatif teknik pertanian modern. • Peserta didik melakukan eksplorasi pos pengomposan untuk mempelajari konsep daur biogeokimia dan peran dekomposer serta detritivor. • Peserta didik melakukan eksplorasi pos budidaya BSF untuk mempelajari teknik pengolahan limbah organik yang mengintegrasikan pilar SDGs. • Peserta didik melakukan tanya jawab di setiap pos pembelajaran. • Peserta didik berkompetisi antar kelompok menyusun diagram alur siklus hidup lalat BSF menggunakan spesimen asli. • Peserta didik mengikuti champions battle berupa kuis individu melalui aplikasi kahoot berisi soal tentang ekosistem pada pos perkebunan. • Pemenang champions battle menyampaikan kesimpulan pelajaran. • Pemberian rewards kepada kelompok dan individu terbaik.	• Peserta didik melakukan tanya jawab terkait konsep biogeokimia, jenis-jenis ekosistem, dan pengomposan. • Guru mengarahkan peserta didik duduk berkelompok. • Peserta didik berdiskusi mengerjakan LKPD: diskusi daur biogeokimia dan jenis-jenis ekosistem. • Peserta didik menyampaikan kesimpulan pelajaran dan melakukan refleksi pembelajaran bersama guru.
IV (1 JP x 40 menit)	• Guru mengarahkan peserta didik duduk berkelompok. • Peserta didik berdiskusi kelompok menganalisis studi kasus pada artikel mengenai gangguan daur karbon. • Peserta didik menyampaikan hasil diskusi kelompoknya.	• Guru mengarahkan peserta didik duduk berkelompok. • Peserta didik berdiskusi kelompok menganalisis studi kasus pada artikel mengenai gangguan daur karbon. • Peserta didik menyampaikan hasil diskusi kelompoknya.

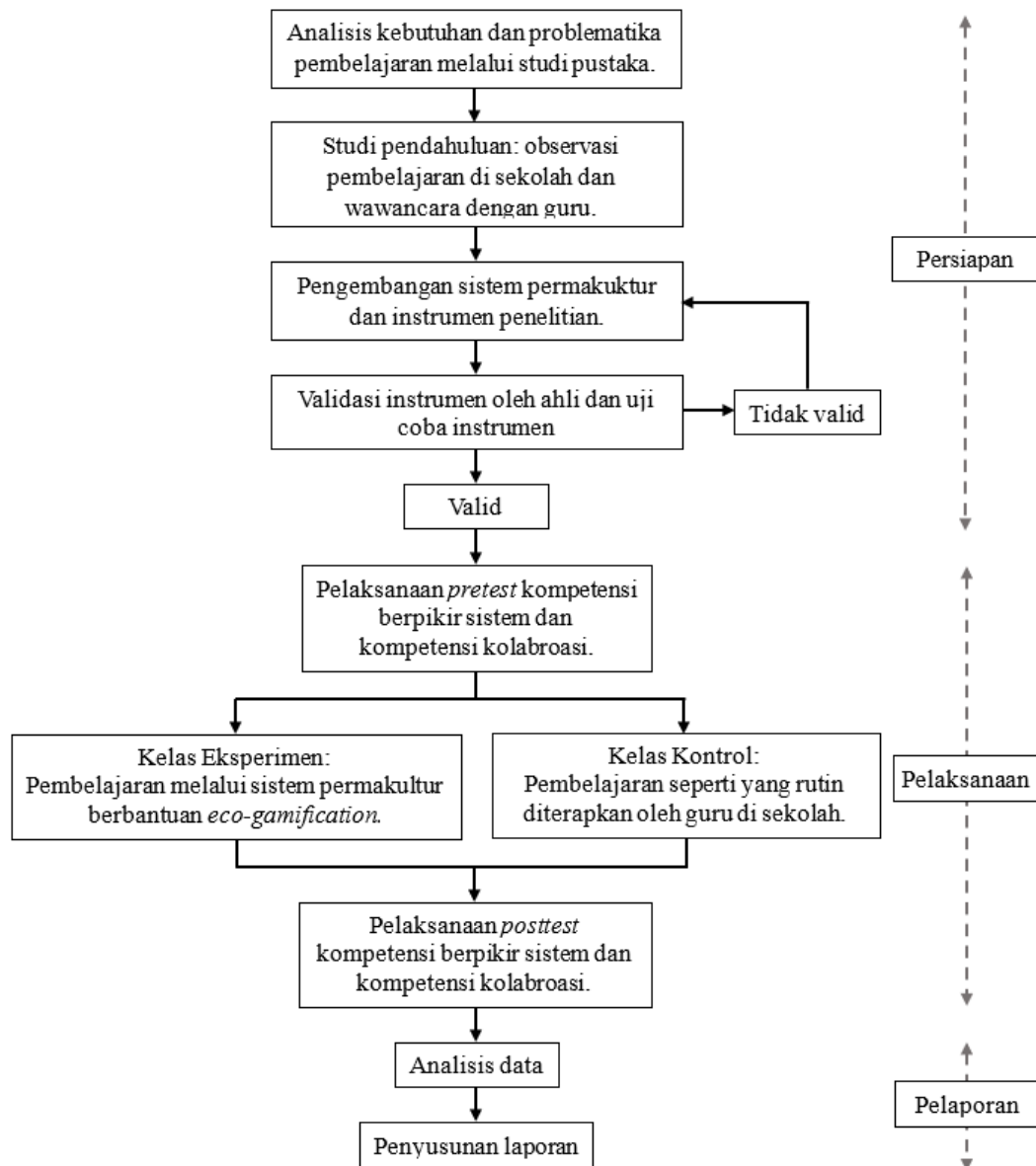
Pertemuan	Kegiatan Inti Pembelajaran	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
	• Peserta didik melakukan tanya jawab. • Peserta didik menyampaikan kesimpulan pelajaran dan melakukan refleksi pembelajaran bersama guru. • Peserta didik mengisi <i>self assessment</i> dan <i>peer-assessment</i> sebagai <i>posttest</i> kompetensi kolaborasi.	• Peserta didik melakukan tanya jawab. • Peserta didik menyampaikan kesimpulan pelajaran dan melakukan refleksi pembelajaran bersama guru. • Peserta didik mengisi <i>self assessment</i> dan <i>peer-assessment</i> sebagai <i>posttest</i> kompetensi kolaborasi.

Langkah terakhir yang dilakukan pada tahap pelaksanaan yaitu, pengerjaan *posttest* oleh peserta didik dari kelas kontrol dan kelas eksperimen. Setelah seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran selesai, peserta didik mengisi *self assessment* dan *peer-assessment* sebagai *posttest* kompetensi kolaborasi. Pertemuan terakhir yang diisi dengan kegiatan diskusi kelompok oleh peserta didik digunakan sebagai penilaian kompetensi kolaborasi akhir yang dimiliki oleh peserta didik. Selain *self assessment* dan *peer-assessment*, lembar observasi juga digunakan untuk menilai kompetensi kolaborasi peserta didik.

3.7.3 Tahap Pelaporan

Langkah pertama pada tahap pelaporan, yaitu pengolahan data hasil penelitian yang telah diperoleh. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis melalui statistik deskriptif. Analisis tersebut bertujuan untuk menggambarkan karakteristik data secara umum, seperti nilai rata-rata, dan standar deviasi, nilai maksimum, dan nilai minimum guna memperoleh gambaran awal mengenai kecenderungan dan sebaran data. Setelah itu, data kemudian disajikan ke dalam beragam bentuk yang dapat dipahami dengan mudah seperti tabel dan grafik batang. Selanjutnya, dilakukan pengolahan data menggunakan uji statistik inferensial berupa uji beda sebagai dasar penarikan kesimpulan. Pengolahan dan analisis data telah disajikan secara rinci pada subjudul teknik analisis data di bagian sebelumnya. Pembahasan, interpretasi data, dan perumusan kesimpulan juga dilakukan pada tahap ini. Hasil yang diperoleh kemudian disusun sebagai laporan hasil penelitian dalam bentuk tesis.

3.8 Alur Penelitian



Gambar 3.1. Diagram alur penelitian

3.9 Matriks Pembelajaran

Indikator Kompetensi Berpikir Sistem:

1. Kemampuan untuk mengenali dan memahami hubungan. **(KBS-1)**
2. Kemampuan untuk menganalisis sistem yang kompleks. **(KBS-2)**
3. Kemampuan untuk memahami cara dimana sistem tertanam dalam domain dan skala yang berbeda. **(KBS-3)**
4. Kemampuan untuk menghadapi ketidakpastian. **(KBS-4)**

Indikator Kompetensi Kolaborasi:

1. Kemampuan untuk menghadapi ketidakpastian. **(KBS-4)**
2. Kemampuan untuk memahami dan menghargai kebutuhan, perspektif, dan tindakan dari orang lain (empati). **(KK-2)**
3. Kemampuan untuk memahami, merasakan, dan peka terhadap orang lain (kepemimpinan yang berempati). **(KK-3)**
4. Kemampuan untuk menyelesaikan konflik dalam kelompok. **(KK-4)**
5. Kemampuan untuk terlibat pada pemecahan masalah dalam kelompok. **(KK-5)**

Tabel 3.14 Pemetaan Aktivitas Pembelajaran terhadap Indikator Kompetensi Berpikir Sistem, Kolaborasi, dan Tujuan Pembelajaran

Pertemuan ke-	Aktivitas Pembelajaran	Kompetensi Berpikir Sistem	Kompetisi Kolaborasi	Tujuan Pembelajaran
1	Eksplorasi: Peserta didik mengidentifikasi komponen penyusun ekosistem pada pos perkebunan permakultur secara berkelompok.	KBS-1 dan KBS-2	KK-1, KK-2, KK-3, KK-4, dan KK-5	• Peserta didik mampu mengidentifikasi komponen biotik dan abiotik penyusun ekosistem dengan lengkap melalui

Pertemuan ke-	Aktivitas Pembelajaran	Kompetensi Berpikir Sistem	Kompetensi Kolaborasi	Tujuan Pembelajaran
	Eco-Gamification: Peserta didik berdiskusi untuk menyusun strategi guna menyelesaikan tantangan kompetisi antar kelompok.	-	KK-1, KK-2, KK-3, KK-4, dan KK-5	pengamatan kebun permakultur pada kegiatan <i>eco-gamification</i> .
	Evaluasi: Peserta didik mengerjakan misi tambahan berupa soal evaluasi pos perkebunan terkait kesesuaian perancangan kebun dengan mempertimbangkan faktor abiotik dan biotik di dalamnya.	KBS-1 dan KBS-2	-	• Peserta didik mampu menyusun strategi untuk menyelesaikan tantangan <i>eco-gamification</i> mengidentifikasi komponen penyusun ekosistem melalui diskusi kelompok. • Peserta didik mampu menguraikan peran masing-masing komponen penyusun ekosistem melalui pengamatan langsung.
	Refleksi: Peserta didik melakukan evaluasi hasil pembelajaran dan bedah strategi penyelesaian tantangan oleh kelompok pemenang.	KBS-1 dan KBS-2	KK-1, KK-2, dan KK-3	• Peserta didik mampu menentukan jenis interaksi antar komponen penyusun ekosistem berdasarkan data hasil pengamatan di kebun permakultur.
2	Eksplorasi: Peserta didik mengkaji penyusunan rantai dan jaring-jaring makanan serta piramida ekologi melalui kegiatan tanya jawab bersama guru.	KBS-1 dan KBS-2	KK-1	• Peserta didik mampu menyusun rantai makanan dan jaring-jaring makanan dengan benar melalui diskusi kelompok. • Peserta didik mampu menyusun ekologi berdasarkan rantai makanan yang telah disusun melalui kegiatan diskusi kelompok.
	Peserta didik berdiskusi mengerjakan tugas pada LKPD: penyusunan dan modifikasi rantai dan jaring-jaring makanan serta piramida ekologi berdasarkan hasil identifikasi komponen ekosistem pada pertemuan sebelumnya.	KBS-1, KBS-2 dan KBS-4	KK-1, KK-2, KK-3, KK-4, dan KK-5	• Peserta didik mampu menganalisis dampak perubahan akibat pergeseran

Pertemuan ke-	Aktivitas Pembelajaran	Kompetensi Berpikir Sistem	Kompetensi Kolaborasi	Tujuan Pembelajaran
	Evaluasi & Refleksi: Peserta didik mempresentasikan hasil diskusinya dilanjutkan dengan tanya jawab.		KK-1, KK-2, KK-3, KK-4, dan KK-5	keseimbangan ekosistem melalui diskusi kelompok.
3	Eksplorasi: Peserta didik mengidentifikasi dan mengeksplorasi komponen penyusun instalasi akuaponik melalui diskusi dan tanya jawab bersama guru.	KBS-1, KBS-2 dan KBS-4	KK-1	• Peserta didik mampu membandingkan jenis-jenis ekosistem melalui pengamatan pos pembelajaran permakultur. • Peserta didik mampu menguraikan daur nitrogen yang terjadi pada ekosistem kolam melalui eksplorasi pos akuaponik. • Peserta didik mampu menganalisis peran detritivor dan dekomposer dalam ekosistem melalui eksplorasi pos pengomposan pada sistem permakultur. • Peserta didik mampu mengevaluasi keputusan orang lain dalam menentukan praktik pengomposan yang sesuai melalui diskusi terbuka. • Peserta didik mampu mengevaluasi manfaat praktik budidaya lalat tentara hitam (<i>Hermetia illucens</i>) sebagai agen biokonversi ditinjau dari aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan melalui kegiatan pengamatan fase hidup lalat tentara hitam.
	Penugasan: Peserta didik berdiskusi untuk menyelesaikan tugas terkait permasalahan yang ada pada pos instalasi akuaponik	KBS-1, KBS-2 dan KBS-4	KK-1	
	Eksplorasi: Peserta didik mengkaji praktik pengolahan sampah organik melalui pos pengomposan permakultur melalui diskusi dan tanya jawab bersama guru.	KBS-1, KBS-2 dan KBS-3	KK-1	
	Penugasan: Peserta didik berdiskusi untuk menentukan teknik pengomposan yang paling sesuai dan efisien untuk diterapkan.	KBS-1, KBS-2 dan KBS-3	KK-1, KK-2, KK-3, KK-4, dan KK-5	
	Eksplorasi: Peserta didik mengkaji praktik budidaya lalat BSF	KBS-1, KBS-2 dan KBS-3	KK-1	
	Eco-Gamification: Peserta didik berkompetisi untuk menyelesaikan	KBS-1 dan KB-2	KK-1, KK-2, KK-3, KK-4, dan KK-5	

Pertemuan ke-	Aktivitas Pembelajaran	Kompetensi Berpikir Sistem	Kompetisi Kolaborasi	Tujuan Pembelajaran
	tantangan menyusun bagan siklus hidup lalat BSF menggunakan spesimen hidup. Refleksi: Peserta didik menyampaikan hal yang telah dipelajarinya sekaligus memberikan kesan mengenai pengerjaan misi atau tantangan, dilanjutkan dengan pemberian penguatan oleh guru.	-	KK-1, KK-2, dan KK-3	• Peserta didik mampu menyusun strategi untuk menyelesaikan tantangan <i>eco-gamification</i> menyusun bagan siklus hidup lalat BSF melalui diskusi kelompok.
4	Eksplorasi: Peserta didik mengeksplorasi gangguan yang terjadi pada daur biogeokimia melalui diskusi dan tanya jawab bersama guru.	KBS-1, KBS-2 dan KBS-3	KK-1	• Peserta didik mampu menganalisis gangguan yang terjadi pada daur biogeokimia. • Peserta didik mampu mengutarakan upaya kolaboratif yang dapat dilakukan untuk mengatasi gangguan yang terjadi pada daur karbon melalui kegiatan diskusi kelompok.