

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode *quasi experiment*. Metode ini dipilih karena peneliti tidak dapat melakukan pengacakan terhadap subjek penelitian, mengingat peserta didik telah terbagi dalam kelas-kelas yang sudah terbentuk secara alami di sekolah (Sugiyono, 2019). Desain penelitian yang digunakan adalah *Nonequivalent control group design*, dimana terdapat dua kelompok yang dipilih secara purposive, yaitu kelompok eksperimen yang mendapatkan pembelajaran dengan model *Project Based Learning* (PJBL) melalui proyek pembuatan pupuk organik cair (POC), dan kelompok kontrol mendapatkan pembelajaran Praktikum terbimbing pembuatan POC. Desain ini digunakan untuk menganalisis pengaruh model PJBL terhadap keterampilan metakognitif dan literasi kewirausahaan peserta didik (Andriyatno, 2024).

Tabel 3. 1 Pola Desain Quasi Eksperimen

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Ekperimen	O ₁	X (PJBL + Proyek POC)	O ₂
Kontrol	O ₃	- (Praktikum terbimbing + POC)	O ₄

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Karya Pembangunan Baleendah, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan bahwa sekolah tersebut telah menerima program Makan Bergizi Gratis (MBG) yang berpotensi sebagai bahan baku proyek pembuatan pupuk organik cair (POC), tersedianya kelas X yang akan dilibatkan dalam proyek pembuatan pupuk organik cair, sejalan dengan materi pembelajaran yang akan disampaikan mengenai bioteknologi. Waktu penelitian disesuaikan dengan alokasi pembelajaran materi bioteknologi kelas

X pada semester genap Tahun Ajaran 2025/2026, penelitian ini dilakukan selama kurang lebih 4 minggu (4 pertemuan).

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

3.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas X SMA Karya Pembangunan Baleendah Tahun Ajaran 2025/2026 yang sedang mengikuti pembelajaran biologi pada materi Bioteknologi.

3.3.2 Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, yaitu penentuan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai dengan kebutuhan penelitian (Sugiyono, 2019). Pertimbangan dalam pemilihan sampel meliputi: (1) kedua kelas berada pada tingkat yang sama, yaitu kelas X SMA; (2) kedua kelas memperoleh materi bioteknologi pada semester yang sama; (3) kedua kelas diajar oleh guru mata pelajaran yang sama sehingga proses pembelajaran memiliki keseragaman; dan (4) jumlah peserta didik pada kedua kelas relatif seimbang sehingga memungkinkan dilakukan perbandingan hasil pembelajaran (5) mendapatkan waktu pembelajaran pada sesi yang sama tetapi dalam waktu yang berbeda. Berdasarkan pertimbangan tersebut, dipilih dua kelas sebagai sampel penelitian, yaitu satu kelas sebagai kelas eksperimen dan satu kelas (5) sebagai kelas kontrol.

1. Kelas X-1 sebagai kelas experiment: mendapatkan perlakuan pembelajaran dengan model PJBL melalui proyek pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah organik sekolah (sisa nasi, kulit, buah, daun kering) menggunakan bioaktivator mikroorganisme lokal (air cucian beras dan gula merah)
2. Kelas X-2 sebagai kelas kontrol: mendapatkan pembelajaran konvensional melalui praktikum terbimbing pembuatan POC yang prosedurnya telah ditentukan oleh guru, tanpa melalui sintaks PJBL.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) yang diimplementasikan melalui proyek pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah organik sekolah dengan memanfaatkan bioaktivator mikroorganisme lokal (MOL). Penerapan model PjBL dilaksanakan melalui enam sintaks, yaitu (1) pertanyaan mendasar (*start with the essential question*), (2) perancangan proyek (*designing the project*), (3) penyusunan jadwal (*creating a schedule*), (4) pemantauan proyek (*monitoring the students and the progress of the project*), (5) pengujian hasil (*assessing the outcome*), dan (6) evaluasi pengalaman belajar (*evaluating the experience*) (Shaumuristi *et al.*, 2025).

3.4.2 Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

1. Keterampilan metakognitif peserta didik SMA yang mencakup komponen pengetahuan metakognitif (deklaratif, prosedural, dan kondisional) dan regulasi metakognitif (*planning, monitoring, information management, debugging, and evaluation*)
2. Literasi kewirausahaan merupakan salah satu kompetensi yang perlu dimiliki peserta didik untuk menghadapi tantangan abad ke-21. Literasi kewirausahaan merupakan kemampuan peserta didik untuk memahami konsep dasar kewirausahaan serta menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari. Kemampuan tersebut mencakup pola pikir kreatif dan inovatif, kemampuan mengidentifikasi peluang usaha, serta memanfaatkan sumber daya yang tersedia untuk menghasilkan produk atau jasa yang bernilai.

3.4.3 Variabel Kontrol

Guru pengampu yang sama, alokasi waktu setara, kemampuan awal berada di tingkat yang sama, dan materi yang sama (Bioteknologi, submateri pemanfaatan mikroorganisme melalui fermentasi), serta kondisi fasilitas yang sama antara kedua kelas.

3.5 Definisi Operasional

3.5.1 Project Based Learning (PjBL)

PJBL dalam penelitian ini model adalah pembelajaran berbasis proyek yang diterapkan pada materi bioteknologi dengan menggunakan proyek pembuatan POC dari limbah organik sekolah. Pelaksanaan PjBL mengikuti enam tahapan PjBL, yaitu: Pertanyaan mendasar (*Start with the essential question*), Perancangan proyek (*designing the project*), Penyusunan jadwal (*creating a schedule*), Pengamatan proyek (*monitoring the students and the progress of the project*), Pengujian hasil (*assessing the outcome*), Evaluasi pengalaman belajar (*Evaluating the experience*) (Shaumuristi *et al.*, 2025)

3.5.2 Keterampilan Metakognitif

Metakognitif adalah kemampuan berpikir pada tingkat yang lebih tinggi, memungkinkan peserta didik untuk menyadari, memahami, dan mengendalikan proses berpikir mereka sendiri dalam mengatasi suatu masalah (Aisyah *et al.*, 2020). Keterampilan metakognitif dalam penelitian ini adalah kemampuan peserta didik untuk menyadari, merencanakan, memantau, dan mengevaluasi proses berpikirnya sendiri selama menjalankan proyek pembuatan POC. Keterampilan metakognitif diukur menggunakan kuesioner *Metacognitive Awareness Inventory* (MAI), *Posttest-Pretest*, kuesioner, LKPD, dan observasi dalam konteks pembelajaran biologi (Siswi *et al.*, 2023)

3.5.3 Literasi Kewirausahaan

Literasi kewirausahaan merupakan kemampuan peserta didik dalam memahami konsep dasar kewirausahaan serta menerapkannya melalui kegiatan yang menghasilkan produk atau jasa yang bernilai. Kemampuan tersebut mencakup kemampuan mengidentifikasi peluang usaha, mengembangkan inovasi produk, mengelola sumber daya secara efektif, serta mengomunikasikan nilai dan manfaat produk kepada pihak lain (Faisol *et al.*, 2023). Dalam penelitian ini, literasi kewirausahaan diukur melalui angket yang disusun berdasarkan keempat indikator

tersebut. Pengembangan literasi kewirausahaan diharapkan mampu membentuk pola pikir kreatif, inovatif, dan berorientasi pada pemecahan masalah sehingga peserta didik mampu melihat peluang ekonomi dari permasalahan yang ada di lingkungan sekitarnya.

3.5.4 Limbah Organik Program Makan Bergizi Gratis (MBG)

Pemanfaatan limbah organik Program Makan Bergizi Gratis (MBG) dalam penelitian ini didefinisikan sebagai kegiatan mengolah limbah organik yang berasal dari sisa makanan program MBG di lingkungan sekolah menjadi pupuk organik cair (POC) melalui proses fermentasi menggunakan mikroorganisme lokal (MOL). Kegiatan tersebut diterapkan sebagai proyek dalam model *Project Based Learning* (PjBL) sehingga peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang kontekstual sekaligus memahami penerapan konsep bioteknologi dalam pengelolaan limbah organik (Aminah *et al.*, 2023). Selain memberikan manfaat bagi lingkungan sekolah, pemanfaatan limbah organik menjadi POC juga menghasilkan produk yang memiliki nilai guna dan potensi nilai ekonomi.

3.6 Hipotesis Penelitian

Secara teori, keterampilan metakognitif adalah kemampuan individu untuk menyadari, mengatur, dan menilai proses berpikirnya sendiri, yang mencakup aspek perencanaan (*planning*), pemantauan (*monitoring*), dan evaluasi (*evaluating*). Keterampilan ini menjadi salah satu kompetensi penting dalam pembelajaran abad ke-21 karena mendukung peserta didik menjadi pembelajar yang mandiri, reflektif, serta mampu mengelola strategi belajarnya secara efektif (Kuswara *et al.*, 2024).

Model *Project Based Learning* (PjBL) merupakan pendekatan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik melalui pelaksanaan proyek yang kontekstual dan bermakna. Dalam penerapannya, PjBL melibatkan tahapan perencanaan proyek, pelaksanaan, pemantauan, pengujian hasil, dan evaluasi pengalaman belajar. Tahapan tersebut memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk merencanakan strategi,

memantau kemajuan, serta mengevaluasi hasil belajarnya, sehingga selaras dengan komponen keterampilan metakognitif (Muhaliyah *et al.*, 2024).

Selain berpotensi meningkatkan keterampilan metakognitif, PjBL juga mendukung pengembangan literasi kewirausahaan. Melalui kegiatan proyek, peserta didik tidak hanya mempelajari konsep, tetapi juga menghasilkan produk yang memiliki nilai guna sehingga mereka terdorong untuk mengidentifikasi peluang usaha, mengembangkan inovasi produk, mengelola sumber daya secara efektif, serta mengomunikasikan nilai produk yang dihasilkan. Dengan demikian, PjBL memberikan pengalaman belajar yang mampu menumbuhkan pola pikir kreatif, inovatif, dan berorientasi pada penyelesaian masalah yang menjadi bagian dari literasi kewirausahaan (Rahmawati *et al.*, 2024).

Secara empiris, berbagai penelitian menunjukkan bahwa PjBL berpengaruh positif terhadap kemampuan metakognitif dan literasi kewirausahaan peserta didik. Mahfuzah *et al.* (2020) melaporkan bahwa penerapan PjBL memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keterampilan metakognitif peserta didik SMA. Penelitian Lukitasari *et al.* (2021) juga menunjukkan bahwa PjBL yang dipadukan dengan *e-portfolio* mampu meningkatkan kemampuan metakognitif peserta didik dalam pembelajaran sains. Selain itu, hasil meta-analisis Zhang *et al.* (2023) menunjukkan bahwa PjBL secara konsisten memberikan dampak positif terhadap berbagai aspek hasil belajar dibandingkan pembelajaran konvensional. Di sisi lain, Rahmawati *et al.* (2024) menemukan bahwa pembelajaran berbasis proyek mampu meningkatkan kreativitas dan kompetensi kewirausahaan peserta didik melalui keterlibatan aktif dalam menghasilkan suatu produk. Berdasarkan landasan teoritis dan hasil penelitian tersebut, PjBL melalui proyek pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah organik sekolah diduga mampu meningkatkan kemampuan metakognitif dan literasi kewirausahaan peserta didik.

1. Hipotesis Kerja (H_1)

$H_{1.1}$: Terdapat pengaruh yang signifikan penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) melalui proyek pembuatan pupuk organik cair (POC) terhadap kemampuan metakognitif peserta didik.

$H_{1.2}$: Terdapat pengaruh yang signifikan penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) melalui proyek pembuatan pupuk organik cair (POC) terhadap literasi kewirausahaan peserta didik.

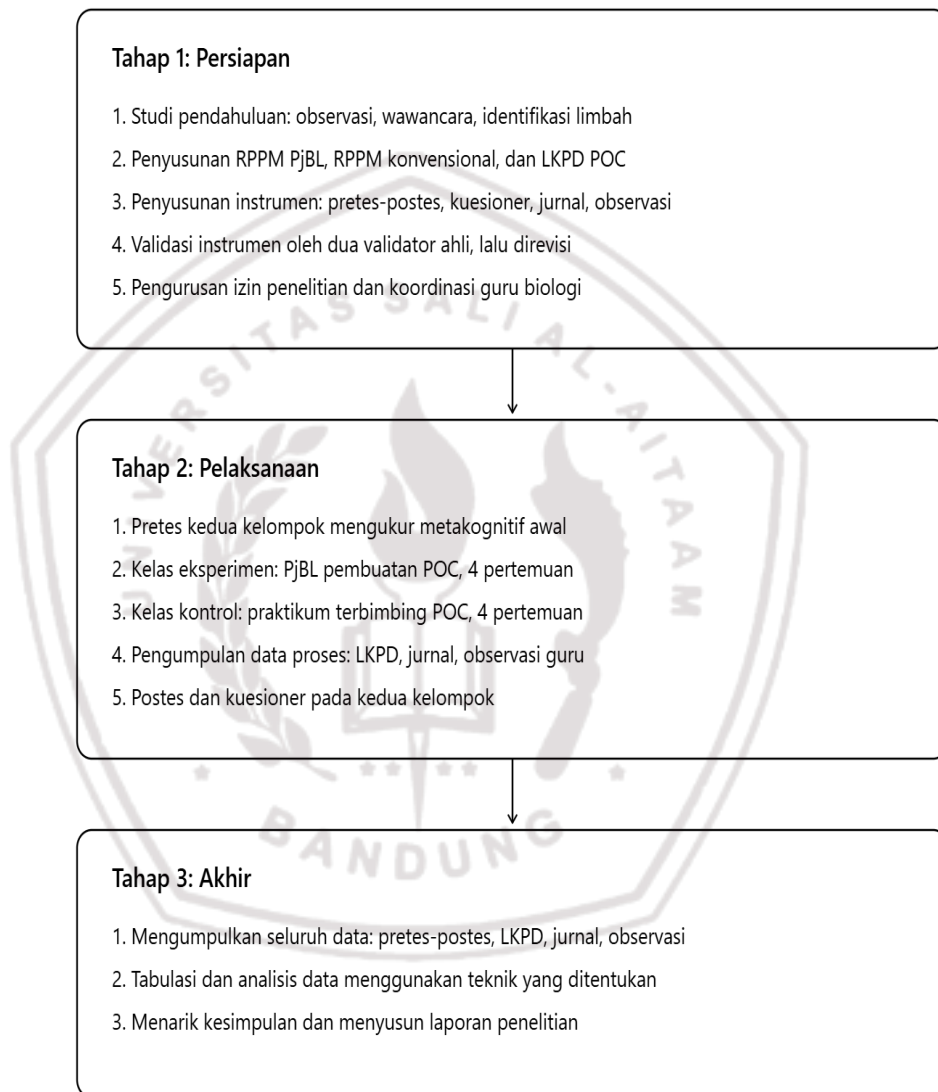
2. Hipotesis Nol (H_0)

$H_{0.1}$: Tidak terdapat pengaruh yang signifikan penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) melalui proyek pembuatan pupuk organik cair (POC) terhadap kemampuan metakognitif peserta didik.

$H_{0.2}$: Tidak terdapat pengaruh yang signifikan penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) melalui proyek pembuatan pupuk organik cair (POC) terhadap literasi kewirausahaan peserta didik.

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Diagram Alir Tahap Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahap Penelitian

3.7.2 Alur Pelaksanaan Pembelajaran Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Untuk memberikan gambaran mengenai tahapan pelaksanaan penelitian pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, alur pembelajaran pada masing-masing kelas disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3. 2 Alur Pelaksanaan Pembelajaran Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Pertemuan	Kelas Eksperimen (PjBL – <i>Gold Standard</i>)	Kelas Kontrol (Praktikum Terbimbing POC)
1	1. Pre-test keterampilan metakognitif. 2. Sintak 1: <i>challenging problem or question</i>, yaitu guru memfasilitasi peserta didik mengidentifikasi masalah limbah organik dari program MBG di sekolah dan mengaitkannya dengan konsep bioteknologi fermentasi. 3. Selanjutnya diterapkan elemen <i>authenticity</i>, karena masalah yang diangkat berasal dari konteks nyata lingkungan sekolah. Peserta didik merumuskan tujuan proyek pembuatan POC. Tahap ini menekankan planning.	Pre-test keterampilan metakognitif. Guru menjelaskan konsep dasar bioteknologi, fermentasi, dan tujuan praktikum pembuatan POC. Peserta didik memahami prosedur kerja yang telah disiapkan guru.
2	1. Sintaks 2: <i>student voice and choice</i>, yaitu menentukan bahan limbah organik, jenis MOL, alat, dan langkah kerja yang akan digunakan. 2. Sintaks 3: <i>Manage inquiry</i> mulai diterapkan melalui penyusunan prosedur kerja dan jadwal pengamatan fermentasi. Tahap ini memperkuat planning dan awal monitoringg	Peserta didik melaksanakan praktikum terbimbing pembuatan POC berdasarkan LKPD yang telah disusun guru. Semua langkah kerja, bahan, dan jadwal pengamatan telah ditentukan sebelumnya.
3	1. Sintaks 4: <i>sustained inquiry</i>, peserta didik melaksanakan fermentasi POC dengan memantau perubahan aroma, warna, suhu, dan gelembung gas. 2. Hasil pengamatan dicatat dalam LKPD proyek. Tahap ini menekankan monitoring.	Peserta didik melakukan pengamatan hasil fermentasi sesuai tabel observasi pada LKPD, dengan bimbingan guru dalam mencatat data dan menjelaskan perubahan yang terjadi.

Pertemuan	Kelas Eksperimen (PjBL – <i>Gold Standard</i>)	Kelas Kontrol (Praktikum Terbimbing POC)
4	- Sintaks 5: <i>Public Product</i> mendiskusikan produk - Sintaks 6: <i>reflection</i>, peserta didik mulai merefleksikan efektivitas prosedur kerja.	Peserta didik mendiskusikan hasil praktikum bersama guru, membandingkan data antar kelompok, dan menyusun kesimpulan tentang proses fermentasi berdasarkan panduan guru.

3.8 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan perangkat yang digunakan untuk mengumpulkan data, memproses, dan menafsirkan data yang diperoleh dari semua partisipan dengan menggunakan metode pengukuran yang serupa (Permatasari *et al.*, 2025). Dalam penelitian ini digunakan lima instrumen utama untuk memperoleh gambaran yang komprehensif tentang pengaruh model PJBL terhadap keterampilan metakognitif peserta didik.

3.8.1 *Pretest - Posttest* Keterampilan Metakognitif dan Literasi Kewirausahaan

Pretest adalah pengukuran yang dilaksanakan sebelum proses pembelajaran dimulai, bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pemahaman peserta didik. *Posttest* dilaksanakan setelah selesai pembelajaran dengan tujuan untuk mengetahui peningkatan pemahaman peserta didik setelah pembelajaran (Siregar *et al.*, 2023). *Pretest* dan *Posttest* diberikan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol sebelum serta setelah proses pembelajaran. *Pretest* bertujuan untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik, sedangkan *Posttest* digunakan untuk mengukur kemampuan peserta didik setelah memperoleh perlakuan pembelajaran.

Pada kelas eksperimen, pembelajaran dilaksanakan menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) melalui proyek pembuatan pupuk organik cair (POC). Sementara itu, kelas kontrol memperoleh pembelajaran tanpa menggunakan model

PjBL.Skor *Pretest* dan *Posttest* dari kedua kelas kemudian dianalisis menggunakan uji *N-Gain* untuk mengetahui besarnya peningkatan keterampilan metakognitif peserta didik setelah proses pembelajaran. Analisis pada kedua kelas dilakukan sebagai dasar untuk membandingkan efektivitas pembelajaran menggunakan model PjBL dengan pembelajaran yang tidak menggunakan model tersebut

Tabel 3. 3 Pretest dan Posttest Keterampilan Literasi Kewirausahaan

Variable	Komponen	Indikator Soal	Level Kognitif	Nomor Soal
Keterampilan Metakognitif	Pengetahuan Deklaratif	Peserta didik dapat menjelaskan pengertian dan manfaat pupuk organik cair (POC) serta peran mikroorganisme dalam proses fermentasinya.	C2 (Memahami)	1
	Pengetahuan Prosedural	Peserta didik dapat menjelaskan langkah-langkah yang tepat dalam membuat pupuk organik cair menggunakan MOL.	C2 (Memahami)	2
	Pengetahuan Kondisional	Peserta didik dapat menentukan kapan dan mengapa strategi tertentu perlu digunakan dalam proses fermentasi POC.	C3 (Menerapkan)	3
	Perencanaan (Planning)	Peserta didik dapat menyusun rencana kerja pembuatan POC secara sistematis dan menjelaskan alasan pemilihan strategi yang digunakan.	C3 (Menerapkan)	4

Variable	Komponen	Indikator Soal	Level Kognitif	Nomor Soal
	Manajemen Informasi	Peserta didik dapat menerapkan informasi tentang fermentasi anaerob untuk mengorganisasi langkah kerja proyek POC secara efektif.	C3 (Menerapkan)	5
Literasi Kewirausahaan	Identifikasi Peluang Usaha	Peserta didik dapat menganalisis potensi pemanfaatan limbah MBG menjadi POC sebagai peluang usaha yang bernilai ekonomis.	C4 (Menganalisis)	6
	Kreativitas Wirausaha	Peserta didik dapat membedakan ide produk POC yang inovatif berdasarkan kebutuhan masyarakat dan potensi pasar.	C4 (Menganalisis)	7
	Inovasi Produk	Peserta didik dapat menganalisis penyebab kegagalan produk POC dan menentukan strategi perbaikan agar memiliki nilai jual yang lebih baik.	C4 (Menganalisis)	8
	Evaluasi Strategi Usaha	Peserta didik dapat mengevaluasi kesesuaian antara perencanaan usaha dengan hasil produk yang diperoleh serta menilai efektivitas strategi yang digunakan.	C5 (Mengevaluasi)	9

Variable	Komponen	Indikator Soal	Level Kognitif	Nomor Soal
	Komunikasi dan Pengembangan Usaha	Peserta didik dapat mengevaluasi kualitas produk POC berdasarkan aspek manfaat, kemasan, dan peluang pemasaran serta memberikan rekomendasi pengembangan usaha.	C5 (Mengevaluasi)	10

3.8.2 Kuisoner Keterampilan Metakognitif (MAI)

Kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner MAI yang telah diterjemahkan oleh Siswi (2023). *Metacognitive Awareness Inventory* (MAI) pertama kali dikembangkan oleh Schraw dan Dennison tahun 19942. terdiri dari dua elemen utama, yaitu pengetahuan metakognitif yang mencakup pengetahuan deklaratif, prosedural, dan kondisional, serta regulasi metakognitif yang mencakup perencanaan (*planning*), manajemen informasi (*information management*), pemantauan (*monitoring*), perbaikan kesalahan (*debugging*), dan evaluasi (*Evaluation*). Dalam penelitian ini, kuesioner MAI disesuaikan ke dalam konteks pembelajaran bioteknologi di tingkat SMA yaitu pembuatan POC, khususnya terkait dengan aktivitas proyek pembuatan pupuk organik cair, sehingga pernyataan-pernyataannya lebih relevan dan mudah dipahami oleh peserta didik SMA dan meningkatkan keterampilan metakognitif selama pelaksanaan proyek (Siswi *et al.*, 2023).

Tabel 3. 4 Kisi-kisi Kuesioner Metakognitif MAI (Siswi, 2023)

No	Komponen Metakognitif	Jumlah Item	Nomor Item
1.	Pengetahuan Deklaratif	5	1,2,3,4,5
2.	Pengetahuan Prosedural	4	6,7,8,9
3.	Pengetahuan Kondisional	5	10,11,12,13,14
4.	Perencanaan (<i>planning</i>)	4	15,16,17,18

No	Komponen Metakognitif	Jumlah Item	Nomor Item
5.	Manajemen informasi	5	19,20,21,22,23
6.	Pemantauan (<i>Monitoring</i>)	5	24,25,26,27,28
7.	Strategi perbaikan (<i>Debugging strategy</i>)	3	29,30,31
8.	Evaluasi (<i>Evaluating</i>)	4	32,33,34,35
Jumlah		35	35

3.8.3 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) PjBL

LKPD berbasis PjBL disusun sebagai acuan sekaligus alat evaluasi proses bagi peserta didik selama mereka menjalankan proyek pembuatan pupuk organik cair. LKPD ini dirancang mengikuti enam langkah PjBL sehingga setiap fase proyek dapat dicatat secara sistematis. Melalui LKPD ini, peserta didik mengidentifikasi masalah, menyusun prosedur kerja, mendokumentasikan data fermentasi secara rutin, menganalisis hasil yang diperoleh, dan menarik kesimpulan dari temuan mereka LKPD juga berperan sebagai dokumentasi proses berpikir peserta didik selama kegiatan proyek berlangsung serta sebagai sumber data dalam menganalisis perkembangan keterampilan metakognitif peserta didik.

Tabel 3. 5 Kisi- Kisi LKPD

No.	Sintaks PjBL	Komponen LKPD	Pertemuan ke-
1	Pertanyaan Mendasar	Rumusan masalah, identifikasi fenomena limbah MBG	1
2	Mendesain Perencanaan Proyek	Rencana kerja, pembagian tugas, alat dan bahan POC	1
3	Menyusun Jadwal	Timeline fermentasi, target capaian harian	2

No.	Sintaks PjBL	Komponen LKPD	Pertemuan ke-
4	Memonitor Proyek	Tabel pengamatan harian (pH, warna, aroma), catatan kendala	2, 3
5	Menguji Hasil	Presentasi, tabel hasil pengujian, tanya jawab	4
6	Mengevaluasi Pengalaman	Refleksi akhir proyek, evaluasi proses dan produk	4

3.8.4 Jurnal Aktivitas Peserta Didik (*Learning Journal*)

Jurnal kegiatan peserta didik berfungsi sebagai sarana untuk melakukan refleksi diri, yang diisi oleh peserta didik pada setiap akhir sesi pembelajaran. LKPD dirancang untuk mendokumentasikan proses perencanaan, pemantauan, dan evaluasi yang dilakukan peserta didik selama pelaksanaan proyek pembuatan pupuk organik cair (POC). Hasil pengerjaan LKPD digunakan sebagai salah satu sumber data untuk menganalisis perkembangan keterampilan metakognitif peserta didik. Selain itu, LKPD juga memuat aktivitas yang mengarahkan peserta didik untuk mengidentifikasi peluang pemanfaatan limbah organik, mengembangkan ide produk, mengelola sumber daya, serta mengomunikasikan hasil proyek. Dengan demikian, LKPD turut mendukung pengembangan literasi kewirausahaan peserta didik selama proses pembelajaran berbasis proyek berlangsung. Proses pengisian jurnal dilakukan secara mandiri dan dengan jujur oleh peserta didik tanpa adanya tekanan, sehingga hasil refleksi yang diperoleh bersifat asli. Data dari jurnal dijelaskan secara deskriptif kualitatif untuk memperkuat temuan dari data kuesioner.

Tabel 3. 6 Panduan Pertanyaan Jurnal Aktivitas Peserta Didik

No.	Pertanyaan Refleksi	Keterangan
1	Apa yang sudah saya rencanakan sebelum memulai kegiatan proyek hari ini?	Mencerminkan aspek Planning
2	Bagaimana kemajuan proses fermentasi/proyek yang saya lakukan hari ini?	Mencerminkan aspek Monitoring
3	Kesulitan apa yang saya hadapi dan bagaimana saya mengatasinya?	Mencerminkan aspek Debugging
4	Apakah strategi yang saya gunakan sudah tepat? Jika tidak, apa yang akan saya ubah?	Mencerminkan aspek Evaluation
5	Apa yang ingin saya perbaiki atau tingkatkan pada pertemuan berikutnya?	Mencerminkan aspek Planning ke depan

3.8.5 Lembar Observasi Perilaku Metakognitif

Lembar pengamatan yang digunakan oleh guru untuk mengamati perilaku metakognitif peserta didik yang terlihat secara langsung selama pelaksanaan proses pembelajaran PjBL. Pengamatan dilakukan di setiap sesi dengan menggunakan rubrik penilaian dengan skala 1–4, Skala penilaian pengamatan adalah sebagai berikut: 1 = perilaku tidak terlihat, 2 = perilaku terlihat sedikit, 3 = perilaku terlihat sebagian besar, 4 = perilaku terlihat sepenuhnya dan konsisten.

Indikator pada lembar observasi perilaku metakognitif disusun dengan mengadaptasi komponen keterampilan metakognitif yang meliputi perencanaan (*planning*), pemantauan (*monitoring*), dan evaluasi (*evaluation*), kemudian disesuaikan dengan karakteristik aktivitas peserta didik pada pembelajaran *Project Based Learning* melalui proyek pembuatan pupuk organik cair (POC).

Tabel 3. 7 Lembar Observasi Perilaku Metakognitif

No.	Indikator Metakognitif	1	2	3	4	Ket.
1	Peserta didik menyusun rencana kerja sebelum memulai proyek					
2	Peserta didik memantau dan mencatat perkembangan proyek secara berkala					
3	Peserta didik menyesuaikan strategi kerja ketika menemui kendala					
4	Peserta didik mengevaluasi hasil proyek dan proses belajarnya					
5	Peserta didik aktif mengisi jurnal aktivitas dan refleksi diri					

3.8.6 Lembar Observasi Literasi Kewirausahaan

Lembar observasi bagian 2 digunakan untuk mengamati perilaku bioentrepreneur peserta didik selama pelaksanaan proyek pembuatan pupuk organik cair (POC). Observasi dilakukan untuk memperoleh data mengenai keterlibatan peserta didik dalam mengidentifikasi permasalahan lingkungan, mengembangkan ide produk, mengelola sumber daya, bekerja sama dalam kelompok, serta mengomunikasikan hasil proyek. Indikator yang diamati disusun berdasarkan aktivitas peserta didik selama pembelajaran berbasis proyek dan disesuaikan dengan aspek literasi kewirausahaan yang dikembangkan dalam penelitian ini. Hasil observasi digunakan sebagai data pendukung untuk memberikan gambaran mengenai perkembangan perilaku bioentrepreneur peserta didik selama proses pembelajaran berlangsung.

Tabel 3. 8 Lembar Literasi Kewirasahaan

No.	Aspek	Indikator	No. Butir
1	Identifikasi peluang	Peserta didik mampu mengidentifikasi permasalahan lingkungan yang berpotensi menjadi peluang usaha.	1
2	Kreativitas dan inovasi	Peserta didik mampu mengembangkan ide produk berbasis potensi lokal.	2
3	Pengembangan produk	Peserta didik mampu menghasilkan produk yang memiliki nilai guna dan nilai jual.	3
4	Kreativitas produk	Peserta didik mampu mengembangkan produk yang menarik, inovatif, dan berkelanjutan.	4
5	Perencanaan usaha	Peserta didik mampu menyusun rencana usaha sederhana secara sistematis.	5
6	Kerja sama	Peserta didik mampu membagi tugas sesuai kemampuan anggota kelompok.	6
7	Pengelolaan sumber daya	Peserta didik mampu mengelola bahan, waktu, dan sumber daya secara efisien.	7
8	Komunikasi	Peserta didik mampu menyampaikan ide dan gagasan dalam diskusi kelompok.	8
9	Presentasi produk	Peserta didik mampu mengomunikasikan produk beserta nilai jualnya kepada orang lain.	9
10	Kolaborasi	Peserta didik mampu bekerja sama dalam menyelesaikan permasalahan proyek.	10
11	Sikap terhadap umpan balik	Peserta didik mampu menerima dan memberikan kritik serta saran secara konstruktif.	11
12	Evaluasi dan perbaikan	Peserta didik mampu merumuskan perbaikan produk berdasarkan hasil evaluasi.	12

3.9 Teknik Pengumpulan Data

3.9.1 Pretest dan Posttest

Pretest-Posttest ini digunakan untuk mengetahui adanya peningkatan keterampilan metakognitif peserta didik setelah pembelajaran. Instrumen ini terdiri atas

10 soal uraian, yang meliputi **5 soal untuk mengukur keterampilan metakognitif** dan **5 soal untuk mengukur literasi kewirausahaan**. Soal yang digunakan pada pretest dan posttest merupakan soal yang sama agar perubahan kemampuan peserta didik dapat diukur secara konsisten. Perbedaannya terletak pada waktu pelaksanaannya, yaitu **pretest** diberikan sebelum pembelajaran untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik, sedangkan **posttest** diberikan setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai untuk mengetahui kemampuan akhir peserta didik. Hasil pretest dan posttest selanjutnya dianalisis untuk mengetahui peningkatan kemampuan peserta didik setelah memperoleh perlakuan pembelajaran

3.9.2 Kuesioner

Kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini merupakan adaptasi dari *Metacognitive Awareness Inventory* (MAI) yang disesuaikan dengan konteks PjB pada proyek pembuatan Pupuk Organik Cair (POC). Kuesioner ini digunakan untuk mengumpulkan data mengenai keterampilan metakognitif peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pemberian kuesioner dilakukan setelah peserta didik menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran, sehingga jawaban yang diberikan mencerminkan kesadaran metakognitif yang berkembang selama proses pembelajaran berlangsung. Data yang diperoleh dari kuesioner selanjutnya digunakan untuk menganalisis tingkat keterampilan metakognitif peserta didik setelah mengikuti pembelajaran pada masing-masing kelompok.

3.9.3 Lembar kerja Peserta Didik (LKPD)

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) digunakan untuk mengumpulkan data mengenai proses pelaksanaan proyek yang dilakukan peserta didik, mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, pencatatan hasil pengamatan, analisis data, hingga refleksi terhadap pengalaman belajar selama kegiatan pembelajaran berlangsung. LKPD diberikan kepada peserta didik pada setiap pertemuan, mulai dari pertemuan pertama hingga pertemuan keempat, dan dikerjakan secara berkelompok sesuai dengan kelompok proyek yang telah ditentukan. Setiap pertemuan, peserta didik mengisi

bagian LKPD yang disesuaikan dengan aktivitas pembelajaran pada pertemuan tersebut, sehingga perkembangan proses berpikir, penyelesaian proyek, dan ketercapaian indikator pembelajaran dapat terdokumentasi secara bertahap hingga proyek selesai.

3.9.4 Jurnal Aktivitas

Jurnal aktivitas digunakan untuk mengumpulkan data mengenai refleksi diri peserta didik selama mengikuti proses pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL). Instrumen ini memuat refleksi terhadap pengalaman belajar yang mencerminkan aspek-aspek regulasi kognitif, seperti perencanaan, pemantauan, dan evaluasi terhadap proses belajar yang telah dilakukan. Jurnal aktivitas diisi **secara individu** oleh setiap peserta didik pada akhir setiap pertemuan, mulai dari pertemuan pertama hingga pertemuan keempat. Pengisian jurnal merupakan tanggung jawab masing-masing peserta didik sebagai bentuk refleksi terhadap proses pembelajaran yang telah diikuti, sehingga perkembangan keterampilan metakognitif dan literasi kewirausahaan dapat dipantau secara bertahap selama pelaksanaan pembelajaran.

3.9.5 Observasi

Observasi dilakukan oleh **dua orang observer** menggunakan lembar observasi untuk mengumpulkan data mengenai perilaku peserta didik selama proses pembelajaran berbasis PjBL. Pengamatan dilakukan **secara berkelompok** pada setiap pertemuan, mulai dari pertemuan pertama hingga pertemuan keempat. Observer mengamati perkembangan keterampilan metakognitif peserta didik yang meliputi kemampuan merencanakan (*planning*), memantau (*monitoring*), dan mengevaluasi (*evaluation*) proses penyelesaian proyek. Selain itu, observer juga mengamati perilaku yang mencerminkan literasi kewirausahaan, seperti kemampuan mengidentifikasi peluang, mengembangkan ide produk, mengelola sumber daya, bekerja sama, serta mengomunikasikan hasil proyek. Data hasil observasi digunakan sebagai data pendukung untuk melengkapi dan menguatkan hasil yang diperoleh dari tes, kuesioner,

LKPD, dan jurnal aktivitas melalui proses triangulasi data selama pelaksanaan penelitian.

3.10 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan tahapan penting dalam suatu penelitian karena berfungsi mengolah data yang telah diperoleh menjadi informasi yang bermakna. Menurut **Sugiyono (2023)**, analisis data adalah kegiatan yang dilakukan setelah seluruh data dari responden atau sumber data lain terkumpul, yang meliputi pengelompokan data berdasarkan variabel, penyajian data, melakukan perhitungan untuk menjawab rumusan masalah, serta menguji hipotesis yang telah diajukan. Dengan demikian, teknik analisis data bertujuan untuk memperoleh hasil penelitian yang akurat, menjawab rumusan masalah, menguji hipotesis, dan menghasilkan kesimpulan yang dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah

3.10.1 Uji Coba Instrumen

Menurut Hardani dkk. (2020), uji coba instrumen merupakan kegiatan yang dilakukan sebelum instrumen digunakan dalam penelitian untuk mengetahui kualitas instrumen sehingga layak digunakan sebagai alat pengumpul data. Uji coba instrumen bertujuan untuk memastikan bahwa instrumen mampu mengukur variabel yang diteliti secara tepat dan konsisten.

3.10 2 Sampel Uji Coba

Setelah instrumen dinyatakan valid secara konten oleh kedua validator, dilakukan uji coba empiris (*empirical tryout*) di kelas XI-7 SMA KP Baleendah. Pemilihan kelas XI sebagai sampel uji coba didasarkan pada pertimbangan bahwa peserta didik kelas XI telah mempelajari materi bioteknologi fermentasi pada semester sebelumnya (kelas X), sehingga mereka memiliki kompetensi prasyarat yang diperlukan untuk merespons instrumen dengan kondisi yang sebanding dengan sampel penelitian sesungguhnya (kelas X) yang baru akan mempelajari materi tersebut melalui intervensi PjBL. Penggunaan kelas yang berbeda namun memiliki kompetensi yang

setara sebagai sampel uji coba merupakan strategi yang direkomendasikan untuk menghindari *contamination effect* pada sampel penelitian utama (Sugiyono, 2023).

Jumlah responden uji coba sebanyak 26 peserta didik (100% valid, tidak ada data yang dikeluarkan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.7). Dengan $n = 26$ dan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$, nilai r tabel yang digunakan adalah 0,388. Jumlah sampel uji coba sebanyak 26 responden ini memenuhi rekomendasi minimal untuk uji validitas empiris menggunakan *Corrected Item-Total Correlation*, di mana sebagian besar literatur metodologi penelitian pendidikan merekomendasikan minimal 20–30 responden untuk uji coba instrumen tes (Sugiyono, 2023; Siregar *et al.*, 2023).

3.10.3 Uji Validitas

Uji validitas adalah tingkat akurasi antara data yang terjadi pada subjek penelitian dengan data yang dilaporkan oleh peneliti. Pengujian validitas setiap item dilakukan dengan analisis butir, yang melibatkan pengkorelasi berbagai skor butir dengan total skor yang merupakan jumlah dari semua skor butir. Proses validitas diadakan dengan membandingkan r_{hitung} dengan r_{tabel} (Sugiyono, 2019)

$$r_{xy} = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Keterangan:

r_{xy} = Koefisien korelasi jumlah item pernyataan

n = jumlah sampel

X = Skor setiap item pernyataan

Y = Skor total

Tabel 3. 9 Koefisien Validitas

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,80 – 1,00	Sangat kuat
0,60 – 0,79	Kuat
0,40 – 0,59	Cukup
0,20 – 0,39	Rendah
0,00 – 0,19	Sangat rendah

Uji validitas instrumen dilakukan menggunakan analisis Corrected Item-Total Correlation dengan bantuan program SPSS. Metode ini dipilih karena mampu mengukur seberapa kuat hubungan antara skor setiap butir soal dengan skor total instrumen setelah dikoreksi dari pengaruh butir soal itu sendiri dalam total skor, sehingga menghasilkan estimasi validitas yang lebih konservatif dan lebih akurat dibandingkan metode korelasi sederhana (Siregar *et al.*, 2023).

Tabel 3. 10 Hasil Uji Validitas

Soal Essai	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
1	22,88	81, 146	0, 638	0, 847
2	26,00	81, 920	0, 616	0, 849
3	27,85	86, 855	0, 541	0, 858
4	25, 31	66, 702	0, 702	0, 838
5	25,85	75, 495	0, 670	0, 841
6	23,54	65, 378	0, 735	0, 835
7	25, 69	85, 422	0, 627	0, 854
8	27, 04	88, 038	0, 452	0, 861
9	25, 27	74, 285	0, 540	0, 853
10	24, 08	67, 354	0, 660	0, 844

1. Seluruh Butir Soal Dinyatakan Valid

Berdasarkan Tabel 3.10 seluruh 10 butir soal esai dinyatakan valid karena nilai *Corrected Item-Total Correlation* (r hitung) seluruhnya lebih besar dari r tabel (0,388). Nilai r hitung berkisar antara 0,452 (Soal 8, terendah) hingga 0,735 (Soal 6, tertinggi) dengan rata-rata r hitung sebesar 0,618. Hasil ini menunjukkan bahwa setiap butir soal memiliki kemampuan yang baik dalam mengukur konstruk yang sama, yaitu pengetahuan bioteknologi fermentasi dan literasi kewirausahaan dalam konteks pembuatan POC (Anggraini *et al.*, 2022).

Capaian 10 dari 10 butir soal yang valid (100%) merupakan hasil yang sangat baik dan mengindikasikan bahwa proses pengembangan instrumen yang dilakukan mulai dari penyusunan kisi-kisi, penulisan butir soal, validasi ahli, dan revisi telah berjalan secara sistematis dan terkontrol. Penelitian Widyastuti *et al.*, (2022) instrumen di bidang pendidikan biologi menunjukkan bahwa tingkat kelulusan validitas sebesar 100% pada uji coba pertama merupakan indikasi kuat bahwa desain instrumen sudah selaras dengan konstruk yang hendak diukur, serta menunjukkan kualitas validasi konten sebelumnya yang efektif.

2. Analisis Butir Soal dengan Nilai Tinggi

Dua butir soal dengan korelasi tertinggi adalah Soal 6 ($r = 0,735$) dan Soal 4 ($r = 0,702$), keduanya berada pada kategori korelasi tinggi ($r \geq 0,70$). Nilai korelasi yang tinggi pada kedua butir ini mengindikasikan bahwa keduanya paling kuat membedakan peserta didik yang memiliki penguasaan komprehensif atas konstruk yang diukur dari mereka yang belum. Dari perspektif konten, butir-butir dengan korelasi tinggi umumnya adalah soal yang mengintegrasikan beberapa aspek konstruk sekaligus dalam konteks penelitian ini, kemungkinan besar adalah soal yang menuntut peserta didik untuk secara bersamaan menerapkan pemahaman konsep bioteknologi dan orientasi kewirausahaan dalam satu respons (Siregar *et al.*, 2023).

Tingginya korelasi Soal 6 dan Soal 4 juga dapat dikaitkan dengan karakteristik soal esai yang digunakan dalam penelitian ini. Menurut Azwar, (2020) soal esai mendorong peserta didik untuk mengekspresikan pemahaman secara kolaboratif dan integratif, sehingga mampu mengungkap variasi kemampuan yang lebih lebar dibandingkan soal pilihan ganda. Variasi yang lebih lebar inilah yang menghasilkan korelasi yang lebih tinggi dengan skor total, karena skor total lebih mencerminkan kemampuan sesungguhnya ketika diukur melalui format respons terbuka.

3. Analisis Butir Soal dengan Nilai Sedang

Tiga butir soal berada pada kategori korelasi sedang (0,40–0,59): Soal 3 ($r = 0,541$), Soal 8 ($r = 0,452$), dan Soal 9 ($r = 0,540$). Meskipun korelasi ketiga butir ini lebih rendah dibandingkan butir lainnya, nilai r hitung ketiganya masih jauh di atas r tabel (0,388), sehingga tetap dinyatakan valid dan layak dipertahankan dalam instrumen. Keberadaan butir dengan korelasi sedang dalam suatu instrumen bukanlah sebuah kelemahan justru variasi tingkat korelasi antar butir mengindikasikan bahwa instrumen mengukur konstruk yang multifaset, di mana beberapa aspek konstruk lebih sulit untuk dibedakan antara responden dibandingkan aspek lainnya (Azwar, 2020).

Secara khusus, nilai $r = 0,452$ pada Soal 8 merupakan yang terendah, namun tetap berada 16,4% di atas batas minimal r tabel. Korelasi yang lebih rendah pada Soal 8 kemungkinan mencerminkan bahwa butir ini mengukur aspek yang lebih spesifik atau lebih otonom dari konstruk utama, yang berarti butir ini berkontribusi pada keluasan cakupan instrumen sebuah karakteristik yang justru memperkuat validitas konten instrumen secara keseluruhan (Widyastuti *et al.*, 2022).

4. Analisis *Scale Statistic* (Variasi Skor yang Optimal)

Berdasarkan Hasil Tabel 4.6 *Scale Statistics Instrument*, statistik skala menunjukkan rata-rata skor sebesar 28,50 dengan standar deviasi 9,692 dari skor total maksimal yang dapat dicapai. Nilai standar deviasi sebesar 9,692

menunjukkan adanya variasi skor yang cukup besar antar responden, yang merupakan kondisi yang diinginkan dalam uji coba instrumen. Variasi skor yang besar mengindikasikan bahwa instrumen mampu membedakan secara jelas antara peserta didik yang menguasai konstruk pada level tinggi, sedang, dan rendah sebuah karakteristik yang menjadi prasyarat bagi instrumen yang memiliki daya diskriminasi yang baik (Sugiyono, 2023).

Nilai rata-rata 28,50 yang berada di antara skor minimum dan maksimum juga mengindikasikan distribusi kesulitan yang relatif seimbang: instrumen tidak terlalu mudah (yang akan menghasilkan rata-rata mendekati skor maksimum) maupun terlalu sulit (yang akan menghasilkan rata-rata mendekati nol). Keseimbangan tingkat kesulitan ini penting untuk memastikan instrumen dapat mengukur secara akurat pada seluruh rentang kemampuan peserta didik yang akan menjadi sampel penelitian sesungguhnya (Azwar, 2020).

3.10.4 Uji Realibitas

Instrumen yang dapat diandalkan adalah alat yang ketika digunakan berulang kali untuk menilai objek serupa, akan memberikan hasil yang konsisten. Jika $\alpha \geq 0,70 \rightarrow$ reliabel dan Jika $\alpha < 0,70 \rightarrow$ tidak reliabel (Sugiyono, 2019).

$$r_{11} = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

Keterangan:

r_{11} = koefisien reliabilitas instrument

k = jumlah butir soal/item

$\sum S_i^2$ = jumlah varians tiap item

S_t^2 = varians total

Tabel 3. 11 Interpretasi Reliabilitas

Nilai Alpha	Kategori
$\leq 0,90$	Sangat tinggi
0,70 – 0,89	Tinggi
0,50 – 0,69	Cukup
$< 0,50$	Rendah

Uji reliabilitas dilakukan menggunakan metode *Cronbach's Alpha* dengan bantuan program SPSS untuk mengetahui tingkat konsistensi instrumen. Uji ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap butir soal mampu mengukur proses yang sama secara konsisten (Siregar *et al.*, 2023). Uji ini dilakukan untuk membandingkan hasil realibitas dan validitas suatu instrumen.

Tabel 3. 12 Hasil Uji Reliabilitas

Cases	N	%
Valid	26	100,0
Excluded	0	0,0
Total	26	100,0

Hasil pengujian dari Tabel Uji Reliabilitas, menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,862. Nilai tersebut menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat konsistensi internal yang tinggi, sehingga setiap butir soal secara konsisten mengukur konstruk yang sama, yaitu pengetahuan bioteknologi fermentasi dan literasi kewirausahaan. Dengan demikian, hasil pengukuran yang diperoleh dapat dianggap reliabel dan layak digunakan dalam penelitian (Ghozali, 2021).

Nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,862 menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat konsistensi yang tinggi, sehingga hasil pengukuran dapat dipercaya. Dengan reliabilitas yang tinggi, perbedaan skor pretest dan posttest lebih mencerminkan kemampuan peserta didik yang sebenarnya, bukan disebabkan oleh ketidakkonsistenan instrumen. Hal ini membuat instrumen lebih mampu mengukur perubahan kemampuan peserta didik setelah mengikuti pembelajaran PjBL. Selain itu,

instrumen yang reliabel juga dapat mengurangi kesalahan pengukuran (*measurement error*), sehingga hasil uji statistik, seperti Independent Sample t-Test dan nilai *effect size* (*Cohen's d* = 1,796) pada keterampilan metakognitif, lebih menggambarkan pengaruh perlakuan yang sesungguhnya (Ghozali, 2021).

3.10.5 Daya Pembeda

Uji daya pembeda merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu butir soal dalam membedakan peserta didik yang memiliki kemampuan tinggi dengan peserta didik yang memiliki kemampuan rendah. Butir soal yang memiliki daya pembeda baik akan mampu dijawab dengan benar oleh peserta didik yang berkemampuan tinggi dan cenderung dijawab salah oleh peserta didik yang berkemampuan rendah. Sebaliknya, butir soal yang memiliki daya pembeda rendah menunjukkan bahwa soal tersebut belum mampu membedakan kemampuan peserta didik secara efektif (Arikunto, 2018).

Menurut Arikunto (2018), daya pembeda soal dihitung berdasarkan selisih proporsi peserta didik kelompok atas dan kelompok bawah yang menjawab benar pada setiap butir soal. Semakin besar nilai daya pembeda, semakin baik kemampuan butir soal dalam membedakan kemampuan peserta didik. Oleh karena itu, analisis daya pembeda perlu dilakukan sebagai salah satu bentuk evaluasi kualitas instrumen sebelum digunakan dalam penelitian.

$$DP = \frac{BA}{JA} - \frac{BB}{JB} = PA - PB$$

Keterangan:

J = Jumlah peserta tes

JA = Banyaknya Peserta kelompok atas

JB = Banyaknya peserta kelompok bawah

BA = Banyaknya peserta kelompok atas yang menjawab soal dengan benar

BB = Banyaknya peserta kelompok kelas bawah yang menjawab soal dengan benar

Tabel 3. 13 Kriteria Daya Pembeda

Indeks Daya Pembeda (D)	Kriteria
$D < 0,20$	Jelek
$0,20 \leq D < 0,40$	Cukup
$0,40 \leq D < 0,70$	Baik
$0,70 \leq D \leq 1,00$	Baik sekali
$D < 0,00$	Sangat jelek (harus dibuang)

Tabel 3. 14 Hasil Analisis Daya Pembeda Soal

No. Soal	Nilai D	Kriteria
Esai 1	0,15	Jelek
Esai 2	0,17	Jelek
Esai 3	0,09	Jelek
Esai 4	0,32	Cukup
Esai 5	0,18	Jelek
Esai 6	0,41	Baik
Esai 7	0,09	Jelek
Esai 8	0,07	Jelek
Esai 9	0,26	Cukup
Esai 10	0,30	Cukup

Berdasarkan Tabel 3.14, diperoleh nilai indeks daya pembeda (D) berkisar antara **0,07–0,41**. Dari sepuluh butir soal yang dianalisis, terdapat **1 butir soal** berkategori **baik**, yaitu soal nomor 6 ($D = 0,41$), **3 butir soal** berkategori cukup, yaitu soal nomor 4 ($D = 0,32$), soal nomor 9 ($D = 0,26$), dan soal nomor 10 ($D = 0,30$), serta 6 butir soal berkategori jelek, yaitu soal nomor 1 ($D = 0,15$), nomor 2 ($D = 0,17$), nomor 3 ($D = 0,09$), nomor 5 ($D = 0,18$), nomor 7 ($D = 0,09$), dan nomor 8 ($D = 0,07$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar butir soal memiliki kemampuan yang masih rendah dalam membedakan peserta didik yang berkemampuan tinggi dan rendah. Meskipun demikian, seluruh butir soal tetap digunakan sebagai instrumen penelitian karena telah memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas serta dirancang untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi yang mencakup keterampilan metakognitif dan literasi kewirausahaan.

3.10.6 Tingkat Kesukaran

Uji tingkat kesukaran merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui tingkat kesulitan setiap butir soal dalam suatu instrumen tes. Tingkat kesukaran menunjukkan proporsi peserta didik yang dapat menjawab suatu butir soal dengan benar. Semakin tinggi nilai indeks tingkat kesukaran, semakin mudah soal tersebut dijawab oleh peserta didik. Sebaliknya, semakin rendah nilai indeks tingkat kesukaran, semakin sukar butir soal tersebut (Arikunto, 2018).

Menurut Arikunto (2018), tingkat kesukaran bukan dimaksudkan untuk menentukan apakah suatu soal baik atau buruk, melainkan untuk mengetahui tingkat kesulitan soal sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penyusunan instrumen evaluasi. Suatu instrumen yang baik umumnya terdiri atas kombinasi soal dengan tingkat kesukaran mudah, sedang, dan sukar sesuai dengan tujuan pengukuran yang ingin dicapai.

Tabel 3. 15 Kriteria Tingkat Kesukaran

Indeks Tingkat Kesukaran (P)	Kriteria
$P < 0,30$	Sukar
$0,30 \leq P \leq 0,70$	Sedang
$P > 0,70$	Mudah

Analisis tingkat kesukaran ini dilakukan terhadap seluruh butir soal untuk mengetahui tingkat kesulitan masing-masing soal sebelum digunakan sebagai instrumen penelitian. Hasil analisis tingkat kesukaran setiap butir soal disajikan pada table berikut:

Tabel 3. 16 Hasil Analisis Tingkat Kesukaran Butir Soal

<i>Statistic</i>			
<i>Item</i>	<i>Difficulty Index (P)</i>	<i>Category</i>	<i>Decision</i>
1	0,075	Sukar	Digunakan
2	0,116	Sukar	Digunakan
3	0,074	Sukar	Digunakan
4	0,089	Sukar	Digunakan
5	0,083	Sukar	Digunakan
6	0,140	Sukar	Digunakan
7	0,074	Sukar	Digunakan
8	0,057	Sukar	Digunakan
9	0,073	Sukar	Digunakan

<i>Statistic</i>			
10	0,084	Sukar	Digunakan

Berdasarkan Tabel 3.16, hasil analisis tingkat menunjukkan bahwa indeks tingkat kesukaran seluruh butir soal berada pada rentang 0,057–0,140. Berdasarkan kriteria tingkat kesukaran, seluruh butir soal termasuk dalam kategori sukar karena memiliki nilai indeks kurang dari 0,30. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa instrumen berupa soal uraian dirancang untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi, sehingga peserta didik tidak hanya dituntut mengingat konsep, tetapi juga menganalisis, mengevaluasi, serta mengaitkan konsep bioteknologi dengan keterampilan metakognitif dan literasi kewirausahaan. Hasil analisis daya pembeda menunjukkan bahwa kemampuan sebagian besar butir soal dalam membedakan peserta didik yang berkemampuan tinggi dan rendah masih belum optimal. Meskipun demikian, seluruh butir soal tetap digunakan karena telah memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas serta telah melalui proses validasi oleh ahli.

3.11 Uji Prayarat

Uji prasyarat analisis merupakan tahapan yang dilakukan sebelum pengujian hipotesis untuk memastikan bahwa data penelitian telah memenuhi asumsi-asumsi yang dipersyaratkan oleh teknik analisis statistik yang digunakan. Menurut **Sugiyono (2023)**, sebelum melakukan analisis statistik, peneliti perlu memastikan bahwa data telah memenuhi asumsi yang sesuai dengan metode analisis yang dipilih. Oleh karena itu, uji prasyarat analisis bertujuan untuk menentukan kelayakan penggunaan teknik statistik, sehingga hasil pengujian hipotesis dapat dipercaya dan menghasilkan kesimpulan yang valid

3.11.1 Uji Normalitas

Uji normalitas dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan data yang akan diperoleh dari skor tes berdistribusi normal atau tidak (Suryani *et al.*, 2019). Jika nilai yang dihasilkan signifikan (Sig) kurang dari 0,05 maka data dinyatakan tidak

berdistribusi normal, sedangkan jika lebih dari 0,05 data dinyatakan berdistribusi normal (Fauzi, 2023)

3.11. 2 Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk menentukan suatu variasi antara dua kelompok atau lebih adalah sama atau tidak. Jika nilai yang dihasilkan signifikan ($P\text{-value}$) $> 0,05$ variasi tersebut dikatakan homogen, namun jika kurang dari 0,05 variasi dianggap tidak homogen (Sariningasih, 2024).

3.12 Uji Hipotesis

Menurut **Hardani dkk. (2020)**, uji hipotesis merupakan prosedur statistik yang digunakan untuk menguji kebenaran suatu dugaan atau hipotesis yang telah dirumuskan berdasarkan data penelitian. Pengujian hipotesis dilakukan untuk menentukan apakah hipotesis nol (H_0) ditolak atau diterima sehingga dapat ditarik kesimpulan mengenai hubungan atau perbedaan antarvariabel yang diteliti.

3.12.1 Uji t Independen

Uji t digunakan untuk menilai seberapa jauh pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen secara individual. Jika nilai signifikan $> 0,05$ hipotesis nol (H_0) diterima dan hipotesis alternatif (H_1) di tolak, maka variabel independen tidak berpengaruh signifikan. (Sariningasih, 2024).

3.12.2 Uji N- Gain

Uji N- Gain dalam penelitian digunakan untuk mengukur peningkatan keterampilan proses sains dan hasil belajar kognitif antara sebelum pembelajaran dan sesudah pembelajaran (Sariningasih, 2024). Dihitung menggunakan rumus:

$$N\text{- Gain} = \frac{\text{posttest} - \text{pretest}}{\text{nilai maksimal} - \text{pretest}} \times 100\%$$

Tabel 3. 17 Klasifikasi kriteria N- Gain (Hake, 1999)

Nilai Normalitas Gain	Kriteria
$N\text{-Gain} > 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq N\text{- Gain} \leq 0,70$	Sedang
$N\text{- Gain} < 0,30$	Rendah

3.12. 3 Analisis Jurnal Peserta Didik dan LKPD

Data dari jurnal aktivitas peserta didik serta LKPD dianalisis dengan pendekatan deskriptif kualitatif untuk mendapatkan gambaran mengenai perkembangan keterampilan metakognitif peserta didik selama tahap pembelajaran PjBL. Proses analisis dilakukan dengan memeriksa setiap jurnal dan mengelompokkannya sesuai dengan komponen regulasi metakognitif (perencanaan, pemantauan, debugging, evaluasi) berdasarkan rubrik yang telah disusun.

3.12.4 Profil Kemampuan Peserta Didik

Untuk memperoleh gambaran yang lebih mendalam mengenai perkembangan keterampilan metakognitif dan keterampilan kewirausahaan peserta didik, pengelompokan dilakukan berdasarkan kombinasi antara nilai *N-Gain* (metakognitif dan kewirausahaan) dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Nilai *N-Gain* digunakan untuk menunjukkan tingkat peningkatan keterampilan metakognitif dan keterampilan kewirausahaan peserta didik setelah mengikuti pembelajaran.

Melalui penggabungan kedua indikator tersebut, diperoleh sembilan profil keterampilan peserta didik yang merepresentasikan karakteristik perkembangan metakognitif dan keterampilan kewirausahaan peserta didik pada kelas eksperimen dan kontrol. Profil ini memberikan gambaran mengenai variasi kemampuan peserta didik dalam mengelola proses berpikirnya selama mengikuti pembelajaran berbasis *Project Based Learning* (PjBL) melalui pemanfaatan limbah MBG dalam pembuatan Pupuk Organik Cair (POC).

Tabel 3. 18 Profil Kemampuan Metakognitif Peserta Didik

KELAS EKSPERIMEN DAN KONTROL			
Kriteria	LKPD Tinggi	LKPD Sedang	LKPD Rendah
N- Gain Tinggi	Profil 1: Metakognitif Mandiri Perkembangan metakognitif sangat tinggi dan memiliki kesadaran metakognitif yang kuat. Peserta didik mampu merencanakan, memonitor, serta mengevaluasi proses belajarnya secara mandiri dan konsisten.	Profil 2: Reflektif Berkembang Peningkatan kemampuan metakognitif sangat baik, namun kesadaran metakognitif belum sepenuhnya optimal. Peserta didik menunjukkan perkembangan yang pesat tetapi masih perlu membiasakan refleksi diri secara konsisten.	Profil 3: Potensial Tersembunyi Mengalami peningkatan kemampuan metakognitif yang tinggi, tetapi belum mampu menyadari dan menjelaskan strategi berpikir yang digunakan selama pembelajaran.
N- Gain Sedang	Profil 4: Strategi Adaptif Memiliki kesadaran metakognitif yang baik dan mampu menggunakan berbagai strategi belajar sesuai kebutuhan. Perkembangan kemampuan metakognitif berlangsung cukup stabil selama proyek.	Profil 5: Berkembang Stabil Kesadaran metakognitif dan perkembangan kemampuan metakognitif berjalan seimbang pada tingkat sedang. Peserta didik mulai mampu merencanakan dan mengevaluasi pembelajaran, tetapi belum konsisten.	Profil 6: Kesadaran Belum Optimal Memiliki kesadaran metakognitif yang cukup baik, namun peningkatan kemampuan metakognitif masih terbatas. Peserta didik memahami pentingnya strategi belajar tetapi belum mampu menerapkannya secara efektif.

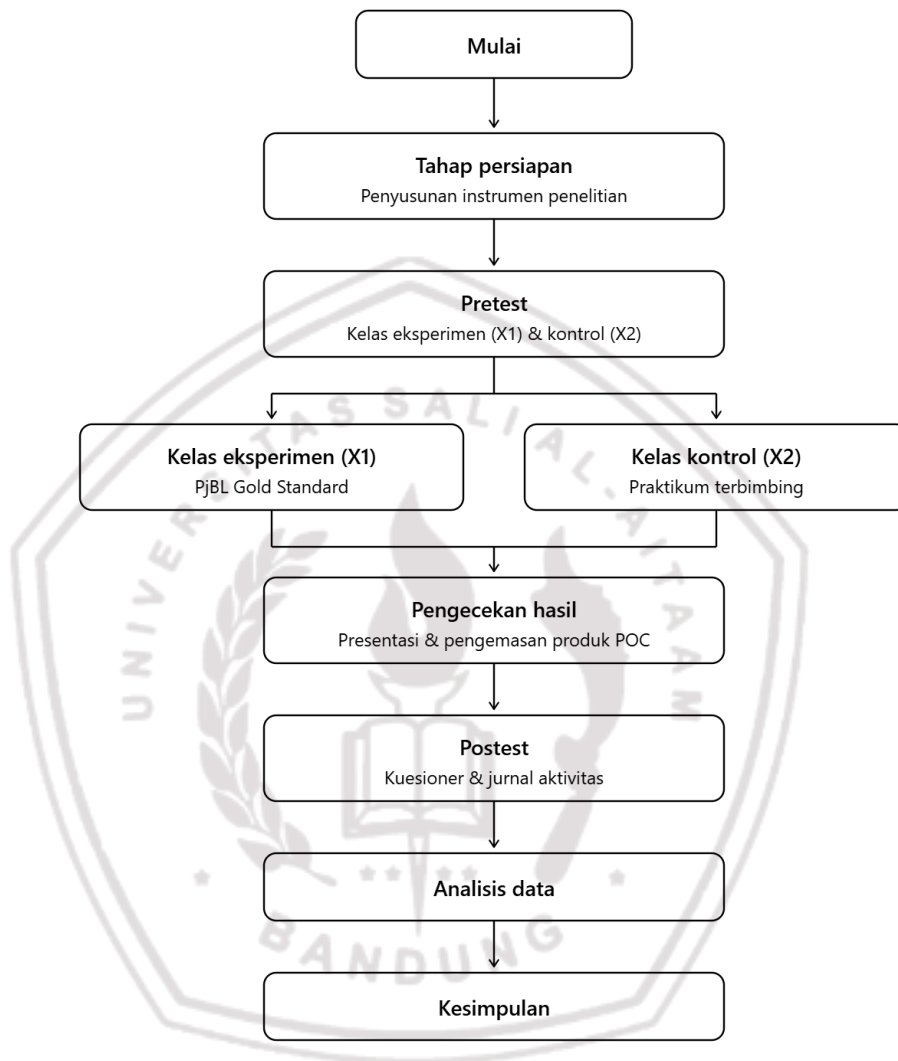
KELAS EKSPERIMEN DAN KONTROL			
Kriteria	LKPD Tinggi	LKPD Sedang	LKPD Rendah
N- Gain Rendah	Profil 7: Reflektif Pasif Memiliki kesadaran metakognitif yang cukup baik tetapi peningkatan kemampuan metakognitif masih rendah. Peserta didik memahami apa yang harus dilakukan, namun belum mampu mengimplementasikannya secara optimal.	Profil 8: Bergantung Pada Bimbingan Kesadaran metakognitif dan perkembangan kemampuan metakognitif masih terbatas. Peserta didik cenderung memerlukan arahan guru dalam merencanakan, memonitor, maupun mengevaluasi pembelajaran.	Profil 9: Belum Berkembang Baik kesadaran metakognitif maupun peningkatan kemampuan metakognitif masih rendah. Peserta didik belum menunjukkan kemampuan yang memadai dalam mengatur dan merefleksikan proses belajarnya sehingga memerlukan pendampingan yang lebih intensif.

Tabel 3. 19 Profil Keterampilan Kewirausahaan Peserta Didik

KELAS EKSPERIMEN			
Kriteria	LKPD Tinggi	LKPD Sedang	LKPD Rendah
N- Gain Tinggi	Profil 1: Unggul Utuh Penguasaan konsep tinggi dan praktik sangat baik, menunjukkan kemampuan entrepreneurship yang utuh dan konsisten.	Profil 2: Unggul Teoretis Memahami konsep dengan baik, namun dalam implementasi masih membutuhkan tuntutan/ masih perlu dikembangkan.	Profil 3: Konseptual Pasif Terdapat gap yang besar antara pemahaman individu dan kinerja praktik berkelompok. Pemahaman berkembang dengan baik, tetapi cenderung tidak mampu/ pasif dalam menerapkannya pada kegiatan di LKPD.

KELAS EKSPERIMEN			
Kriteria	LKPD Tinggi	LKPD Sedang	LKPD Rendah
N- Gain Sedang	Profil 4: Praktis Adaptif Kemampuan praktik baik meskipun pemahaman konsep perlu dikembangkan. Aktif dan mampu beradaptasi dalam proyek.	Profil 5: Berkembang Stabil Keterampilan praktik berkembang cukup baik sejalan dengan pemahaman konsep dasar, tetapi belum optimal.	Profil 6: Konseptual Minimalis Pemahaman cukup baik, tetapi perlu mendapat bimbingan untuk dapat menerapkannya pada praktik nyata
N- Gain Rendah	Profil 7: Praktis Lapangan Eksekutor lapangan yang baik. Keterampilan praktik cenderung partial. Peserta didik lebih banyak belajar dari pengalaman.	Profil 8: Praktis Terbatas Keterampilan praktik terbatas pada konsep dasar atas tuntutan guru. Peserta didik belum berani bereksplorasi dan belum terjadi internalisasi ilmu.	Profil 9: Belum Berkembang Baik pemahaman konsep maupun praktik masih rendah dan membutuhkan bimbingan intensif.

3.13 Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Alur Penelitian