

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pendidikan terus bertransformasi seiring dengan pesatnya perkembangan dunia sehingga dituntut beradaptasi dengan perubahan kebutuhan dan tantangan zaman. Peserta didik tidak hanya cukup menerima informasi dari buku teks, tetapi perlu dilatih untuk menyelesaikan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari. Kondisi tersebut yang menjadi dasar utama pengembangan kemampuan dasar keterampilan abad ke-21. Di abad ke-21, pendidikan harus mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi dan pemecahan masalah nyata (Shaumusriti *et al.*, 2025). Menanggapi tuntutan ini, pemerintah Indonesia menerapkan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran yang bermakna, berdiferensiasi dan penguatan Profil Pelajar Pancasila, serta mendorong pendekatan pembelajaran mendalam agar peserta didik tidak hanya memahami konsep tetapi juga mampu menganalisis, mensintesis, dan mengaplikasikan pengetahuannya dalam konteks kehidupan nyata (Kemendikbud Ristek, 2022). Dengan demikian, proses pembelajaran idealnya dirancang untuk mengintegrasikan aspek pengetahuan, keterampilan, dan karakter secara holistik dan seimbang.

Biologi sejatinya bukan sekadar kumpulan konsep yang harus dihafal, melainkan bidang studi yang sangat terikat dengan kehidupan serta lingkungan di sekitar peserta didik. Pembelajaran biologi yang efektif seharusnya mampu mendorong peserta didik untuk mengamati, menemukan, dan memahami fenomena alam secara langsung, sehingga apa yang dipelajari terasa nyata dan bermakna. Namun, dalam praktiknya, pembelajaran bioteknologi di tingkat SMA masih cenderung berpusat pada guru dan lebih menekankan penyampaian teori. Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik belum memperoleh kesempatan yang memadai untuk melakukan eksplorasi secara aktif (Fuadi, 2022). Peserta didik kurang mendapatkan pengalaman belajar yang

kontekstual dan aplikatif, sehingga pemahaman konsep dan keterampilan berpikir belum berkembang secara optimal (Muhaliyah *et al.*, 2024).

Salah satu tantangan dalam pembelajaran biologi adalah pemanfaatan fenomena lingkungan di sekitar sekolah yang masih sering terabaikan, padahal berpotensi besar menjadi sumber belajar. Salah satu contohnya adalah limbah organik yang dihasilkan dari aktivitas sekolah, termasuk Program Makan Bergizi Gratis (MBG), seperti sisa nasi, lauk-pauk, dan kulit buah, yang umumnya belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah organik yang dihasilkan di lingkungan sekolah sering kali hanya dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA). Padahal, apabila dikelola secara tepat, hal tersebut tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar yang kontekstual bagi peserta didik. Oleh karena itu, pemanfaatannya menjadi langkah bijak dari segi lingkungan maupun pendidikan.

Pemanfaatan limbah organik telah banyak dilaksanakan dan terbukti mampu mengurangi jumlah sampah. Edukasi pengelolaan sampah mencakup pemahaman mengenai dampak lingkungan dan teknik pengelolaan yang praktis, penting untuk diterapkan di berbagai lingkungan seperti sekolah, kantor dan fasilitas umum (Wijaya *et al.*, 2025). Beberapa metode pengolahan sampah yang telah berkembang di masyarakat antara lain adalah pengomposan konvensional, seperti pembuatan *eco-enzyme* dari sisa buah dan sayuran, serta budidaya maggot *Black Soldier Fly* (BSF) yang dapat menguraikan limbah organik sekaligus menghasilkan biomassa yang bernilai guna sebagai pakan ternak. Limbah organik juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan Mikroorganisme Lokal (MOL) karena mengandung unsur hara dan mikroorganisme pengurai yang bermanfaat sebagai pupuk organik (Setiawan, 2017). Inovasi tersebut menunjukkan bahwa jika limbah organik dikelola dengan tepat dapat menjadi sumber daya yang produktif sekaligus mengurangi tekanan terhadap lingkungan.

Inovasi yang dapat dilakukan dalam pembelajaran biologi di sekolah adalah pembuatan Pupuk Organik Cair (POC). Pembuatan POC adalah kegiatan yang

sederhana, terjangkau tetapi menarik untuk diterapkan dalam pembelajaran di sekolah. Proses fermentasi limbah organik menjadi POC adalah metode pengolahan efisien dengan produk yang kaya akan unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang diperlukan oleh tanaman (Fitri et al., 2024). Menariknya, air cucian beras dan gula dapat digunakan sebagai MOL dan starter dalam proses fermentasi. Penambahan MOL berpengaruh terhadap keberhasilan proses pengomposan dan produksi pupuk organik (Labak et al., 2024). Pembuatan POC dari limbah organik sekolah menggunakan MOL dari bahan sederhana seperti air cucian beras dan gula merah menjadi sarana pembelajaran bioteknologi yang tidak hanya relevan secara ilmiah, tetapi juga memberikan dampak nyata bagi lingkungan sekolah karena mudah diterapkan, memanfaatkan limbah organik yang tersedia, memerlukan biaya yang relatif rendah, serta melibatkan peserta didik secara langsung dalam proses pengolahannya.

Berdasarkan perspektif ilmu Biologi, limbah organik yang dihasilkan di lingkungan sekolah merupakan bahan utama yang mengandung senyawa organik dan mikroba pengurai yang memiliki potensi untuk diolah menjadi produk bernilai tinggi. Salah satu produk POC dihasilkan dari larutan yang berasal pada proses fermentasi bahan-bahan organik unsur hara pada tanaman untuk memperoleh pertumbuhan optimal (Chairunnisak et al., 2025). POC memiliki berbagai keunggulan diantaranya dapat diproduksi dengan mudah, komposisi bahan yang dibutuhkan tidak memerlukan biaya produksi yang besar, serta mudah diserap oleh daun maupun akar tanaman. Penggunaan POC juga berperan dalam mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia yang dapat merusak ekosistem (Wijaya et al., 2026).

Karakteristik POC yang terjangkau dan ramah lingkungan menciptakan peluang untuk dijadikan sebagai media pembelajaran bioteknologi yang nyata dan bermakna bagi peserta didik. Pembuatan POC tidak hanya memberikan pengalaman pada peserta didik dalam memahami penggunaan mikroorganisme untuk proses fermentasi secara teoritis, tetapi dapat memberikan pengalaman secara nyata. Proses pembuatan POC hanya memerlukan bahan organik, wadah fermentasi, dan bioaktivator

(Wijaya *et al.*, 2025). Proyek ini dapat dilaksanakan di lingkungan sekolah menggunakan limbah organik yang sudah tersedia. Kegiatan ini memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dibandingkan hanya membaca buku teks.

Limbah organik yang dihasilkan dari Program MBG di lingkungan sekolah belum dikelola secara optimal, sementara pembelajaran bioteknologi masih didominasi oleh penyampaian teori sehingga peserta didik belum memperoleh pengalaman belajar yang kontekstual. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan cara integrasi pembuatan POC yang perlu direalisasikan dalam pembelajaran biologi. Melalui kegiatan ini, peserta didik tidak hanya mempelajari konsep bioteknologi secara teoritis, tetapi juga terlibat secara langsung dalam mengolah limbah organik menjadi produk yang bermanfaat. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih kontekstual, aplikatif, serta berkontribusi terhadap pengelolaan limbah dan penyelesaian permasalahan lingkungan di sekolah (Sigalingging, 2025).

Selain memberikan pengalaman belajar yang kontekstual, kegiatan pembuatan POC juga berpotensi mengembangkan literasi kewirausahaan peserta didik. Melalui proses mengolah limbah organik menjadi produk yang memiliki nilai guna, peserta didik belajar mengenali potensi sumber daya di sekitarnya, memahami proses penciptaan nilai tambah, serta melihat peluang pemanfaatan produk dalam kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, pembelajaran bioteknologi tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga membangun *life skill* yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Fenomena ini menunjukkan bahwa pembelajaran bioteknologi mempunyai potensi yang signifikan untuk dipadukan dengan isu nyata di lingkungan sekolah, khususnya dalam pengelolaan limbah organik yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Di sinilah pentingnya model pembelajaran yang tidak hanya terfokus pada pemaparan konsep, tetapi juga mampu memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna. Dengan pendekatan yang tepat, peserta didik tidak hanya memahami prinsip-prinsip bioteknologi, tetapi juga berpartisipasi aktif dalam mengidentifikasi tantangan, merancang solusi, dan menghasilkan produk yang berguna bagi lingkungan.

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa tantangan dalam pembelajaran biologi telah diatasi melalui penerapan berbagai model pembelajaran inovatif, seperti pembelajaran inkuiri, pembelajaran berbasis masalah (PBL), dan pembelajaran berbasis proyek (PjBL). Pendekatan pembelajaran inkuiri terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik, meskipun masih terbatas dalam memberikan pengalaman belajar yang menghasilkan produk nyata (Putri *et al.*, 2023). Penelitian lain oleh Rahmawati (2022) menunjukkan bahwa PBL mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, tetapi belum sepenuhnya mengoptimalkan keterlibatan peserta didik dalam menghasilkan produk yang kontekstual. Berbeda dengan kedua model tersebut, (PjBL) tidak hanya mengembangkan pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah, tetapi juga mendorong peserta didik menghasilkan produk sebagai wujud penerapan pengetahuan. Hal ini didukung oleh penelitian Damayanti (2025) yang menunjukkan bahwa model PjBL mampu meningkatkan keterampilan proses sains serta pemahaman konsep peserta didik secara signifikan dibandingkan metode pembelajaran konvensional. Selain itu, Syafmitha (2024) menemukan bahwa penerapan PjBL pada topik bioteknologi dapat meningkatkan literasi sains dan partisipasi aktif peserta didik dalam proses pembelajaran.

PjBL merupakan model pembelajaran yang menekankan partisipasi aktif peserta didik melalui penyelesaian masalah nyata, pengembangan proyek, dan refleksi terhadap proses belajar. Karakteristik tersebut selaras dengan tuntutan pembelajaran biologi abad ke-21 yang menekankan pengalaman belajar yang praktis, kontekstual, dan solutif. Melalui PjBL, peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoretis, tetapi juga menerapkannya dalam situasi nyata melalui kegiatan yang menghasilkan produk. Produk yang dihasilkan melalui PjBL juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan literasi kewirausahaan melalui proses mengenali nilai guna produk, potensi pemanfaatannya, serta peluang pengembangannya sebagai solusi yang bermanfaat dan bernilai ekonomi. Oleh karena itu, penerapan PjBL dinilai

relevan sebagai solusi untuk mengatasi pembelajaran biologi yang masih kurang kontekstual serta mendorong partisipasi aktif peserta didik. (Surya *et al.*, 2024).

POC dalam konteks PjBL memiliki keunggulan utama dalam mengasah keterampilan metakognitif peserta didik karena mengharuskan partisipasi aktif dalam mengelola proses berpikir secara sadar. Partisipasi ini terwujud melalui aktivitas perencanaan, pemantauan, dan penilaian sepanjang proses pembelajaran berlangsung. Penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara penerapan PjBL dengan peningkatan keterampilan metakognitif dan kemampuan pemecahan masalah peserta didik, di mana kegiatan proyek mendorong peserta didik untuk secara aktif mengatur strategi berpikir mereka (Sastria *et al.*, 2023). Penelitian Fatmawati (2024) menemukan bahwa penerapan PjBL berdampak positif pada peningkatan kemampuan metakognitif peserta didik SMA, karena setiap tahapan pembelajaran menuntut peserta didik untuk merencanakan, menyatukan, dan memungkinkan proses belajar secara mandiri. Diperkuat oleh penelitian Nurwidodo (2022) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek (*Hybrid-PjBL*) mampu memberdayakan kesadaran metakognitif peserta didik, dengan sebagian besar peserta didik berada dalam kategori baik hingga sangat baik setelah mengikuti pembelajaran.

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Saputri (2024) mengungkapkan bahwa model PjBL memiliki dampak yang signifikan terhadap peningkatan tingkat kemampuan metakognitif dibandingkan dengan model pembelajaran lainnya, berkat karakteristiknya yang mengharuskan pengambilan keputusan dan refleksi secara mandiri selama proses pembelajaran. Ini menunjukkan bahwa PjBL secara sistematis menciptakan lingkungan belajar yang mendorong berkembangnya regulasi metakognitif secara alami. Dengan demikian, integrasi proyek POC dalam PjBL memiliki kekuatan untuk melatih keterampilan metakognitif peserta didik secara berkelanjutan, karena melibatkan proses berpikir yang terencana (perencanaan), terpantau (pemantauan), dan terevaluasi (evaluasi) dalam konteks pembelajaran yang nyata dan bermakna.

Proses fermentasi pada pembuatan POC dilakukan dengan memanfaatkan bioaktivator berupa mikroorganisme lokal (MOL) yang dibuat dari air cucian beras dan gula merah. Pemanfaatan bahan-bahan yang mudah diakses dan ekonomis tersebut mendukung pengelolaan limbah organik rumah tangga secara berkelanjutan (Nur et al., 2016). Melalui proyek ini peserta didik tidak hanya memahami konsep penggunaan mikroorganisme dalam bioteknologi secara teoritis tetapi juga mengalaminya secara langsung, tetapi juga memberikan kesempatan membuat POC yang berkualitas dan dapat digunakan sebagai bentuk pengalaman nyata dalam pembelajaran di kelas. Hal ini sejalan dengan pandangan Duda (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran harus diarahkan pada pengembangan pengetahuan, keterampilan, dan perilaku yang mendukung solusi terhadap permasalahan lingkungan melalui keterlibatan aktif peserta didik. (Duda, 2022).

Di balik berbagai aktivitas proyek POC, terdapat satu keterampilan krusial yang sebenarnya berkembang secara alami, namun seringkali terabaikan, yaitu kemampuan metakognitif. Kemampuan metakognitif adalah kemampuan individu untuk menyadari, mengatur, dan merefleksikan proses berpikirnya sendiri secara sadar, mencakup aspek Perencanaan (*Planning*), strategi manajemen informasi (*information management strategies*), pengawasan pemahaman (*comprehension monitoring*), strategi pengoreksian (*debugging strategies*) dan penilaian (*Evaluation*) strategi belajar yang diterapkan. (Oktavia, 2023). Tanpa kemampuan ini, peserta didik mungkin dapat menyelesaikan proyek secara teknis, tetapi tidak benar-benar mengerti bagaimana cara mereka belajar dan berkembang.

Di Indonesia, kemampuan metakognitif peserta didik masih menjadi salah satu aspek yang perlu mendapatkan perhatian dalam proses pembelajaran. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa peserta didik umumnya belum terbiasa merencanakan strategi belajar, memonitor proses berpikir, serta mengevaluasi hasil belajar secara mandiri sehingga kemampuan metakognitif yang dimiliki masih berada pada kategori sedang bahkan cenderung rendah. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya

kemampuan peserta didik dalam menyelesaikan masalah, mengambil keputusan, dan merefleksikan proses belajar yang telah dilakukan (Heny *et al.*, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Ajeng Purnama Heny dan Elsa Aviventi (2023) mengenai profil kemampuan metakognitif peserta didik pada mata pelajaran IPAS (Biologi) di SMK Muhammadiyah 3 Wates menunjukkan bahwa kemampuan metakognitif peserta didik pada seluruh aspek, baik *knowledge of cognition* maupun *regulation of cognition*, masih berada pada kategori sedang. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa peserta didik telah memiliki kesadaran terhadap proses berpikirnya, namun belum mampu mengoptimalkan kemampuan tersebut dalam mengatur strategi belajar dan memecahkan masalah secara mandiri. Temuan serupa disampaikan oleh Anwar *et al* (2022) yang menganalisis keterampilan metakognitif peserta didik dalam menyelesaikan masalah matematika. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa peserta didik dengan kemampuan pemecahan masalah sedang dan rendah belum mampu melaksanakan tahapan perencanaan, pemantauan, dan evaluasi secara konsisten. Peserta didik cenderung langsung mengerjakan soal tanpa mempertimbangkan strategi yang tepat serta kurang melakukan refleksi terhadap hasil yang diperoleh. Selain itu, penelitian Ratu *et al* (2024) mengungkapkan bahwa kemampuan metakognitif peserta didik masih memerlukan penguatan melalui pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berpikir secara reflektif, mengatur strategi belajar, dan mengevaluasi proses berpikirnya secara berkelanjutan.

Tahapan-tahapan dalam PjBL menyediakan kesempatan bagi pengembangan keterampilan metakognitif peserta didik. Saat peserta didik merencanakan proyek, memantau perkembangan proyek, menyesuaikan langkah kerja ketika hasil tidak sesuai harapan, hingga menilai kualitas produk yang dihasilkan, mereka sedang mengembangkan keterampilan metakognitif secara holistik dan bermakna. Penelitian menunjukkan bahwa PJBL memiliki dampak signifikan terhadap keterampilan metakognitif peserta didik SMA (Mahfuzah *et al.*, 2020). Selain itu, penggunaan e-portofolio dalam PJBL secara efektif meningkatkan kapasitas metakognitif peserta

didik dalam pembelajaran sains (Lukitasari *et al.*, 2021). Hal ini membuktikan bahwa PjBL bukan sekadar model yang menghasilkan produk nyata, melainkan juga secara bersamaan meningkatkan kesadaran dan kemampuan metakognitif peserta didik.

Peneliti menyadari bahwa sejumlah penelitian telah mengeksplor pemanfaatan isu-isu lokal melalui proyek pembelajaran untuk meningkatkan berbagai kemampuan peserta didik. Namun, penelitian ini memberikan penekanan yang berbeda, yaitu berfokus pada masalah nyata yang langsung dihadapi peserta didik di lingkungan sekolah, khususnya limbah organik hasil Program Makan Bergizi Gratis (MBG). Isu ini tidak hanya berhubungan dengan konteks nyata yang dekat dengan peserta didik, tetapi juga memiliki potensi sebagai sumber pembelajaran yang autentik dan bermakna.

Integrasi permasalahan limbah organik melalui proyek pembuatan POC menawarkan solusi nyata yang dapat memberikan pengalaman belajar yang autentik, aplikatif, dan berkelanjutan bagi peserta didik. Dalam konteks ini, PjBL tidak hanya berperan sebagai strategi pembelajaran, tetapi juga sebagai sarana yang memfasilitasi berkembangnya keterampilan metakognitif melalui keterlibatan peserta didik dalam merencanakan, memantau, dan mengevaluasi setiap tahapan penyelesaian proyek. Dengan demikian, keterampilan metakognitif tidak semata-mata berkembang sebagai hasil pemberian materi, tetapi terbentuk melalui pengalaman belajar yang menuntut peserta didik mengelola proses berpikirnya secara mandiri.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan PjBL mampu meningkatkan keterampilan metakognitif peserta didik karena memberikan kesempatan untuk mengembangkan kemampuan merencanakan, memantau, dan mengevaluasi proses belajar secara berkelanjutan (Andriyatno *et al.*, 2024). Di sisi lain, karakteristik PjBL juga mendukung berkembangnya literasi kewirausahaan. Setiap sintaks PjBL memfasilitasi peserta didik untuk mengidentifikasi permasalahan sekaligus mengenali peluang melalui tahap *essential question*, merancang ide produk dan strategi penyelesaiannya pada tahap *design a plan for the project*, mengelola sumber daya serta bekerja sama selama pelaksanaan proyek, kemudian mengevaluasi kualitas produk,

mengomunikasikan hasil, dan menyusun perbaikan pada tahap *assess the outcome* serta *evaluate the experience*. Rangkaian aktivitas tersebut sejalan dengan komponen literasi kewirausahaan yang meliputi kemampuan mengenali peluang, mengembangkan ide produk, mengambil keputusan, mengelola sumber daya, berkolaborasi, serta mengevaluasi hasil pengembangan produk (Pajala et al., 2025).

Oleh karena itu, integrasi pengelolaan limbah organik hasil Program MBG ke dalam proyek pembuatan POC melalui PjBL dipandang relevan sebagai konteks pembelajaran yang mampu mengembangkan kedua kemampuan tersebut secara bersamaan. Melalui proyek tersebut, peserta didik tidak hanya mempelajari konsep bioteknologi, tetapi juga memperoleh pengalaman langsung dalam mengidentifikasi potensi limbah sebagai peluang usaha, mengembangkan produk yang bernilai guna dan bernilai ekonomi, serta mengelola proses berpikirnya selama penyelesaian proyek. Dengan demikian, pembelajaran bioteknologi tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga mengembangkan keterampilan metakognitif dan literasi kewirausahaan yang dibutuhkan peserta didik dalam menghadapi tantangan abad ke-21.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Pembelajaran bioteknologi di SMA masih berorientasi pada penguasaan konsep sehingga belum mampu memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna.
2. Limbah organik hasil Program Makan Bergizi Gratis (MBG) di lingkungan sekolah belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber belajar bioteknologi yang kontekstual.

3. Kemampuan metakognitif peserta didik masih tergolong sedang hingga rendah sehingga perlu dikembangkan melalui pembelajaran yang melibatkan peserta didik secara aktif dalam proses perencanaan, pemantauan, dan evaluasi belajar.
4. Pembelajaran bioteknologi belum secara optimal mengembangkan literasi kewirausahaan peserta didik melalui pemanfaatan potensi sumber daya di lingkungan sekitar.
5. Belum banyak penelitian yang mengkaji penerapan ***Project Based Learning*** melalui proyek pembuatan pupuk organik cair berbasis limbah organik hasil Program Makan Bergizi Gratis (MBG) untuk meningkatkan keterampilan metakognitif peserta didik.

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang diatas, masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana peningkatan pemahaman bioteknologi, kemampuan metakognitif dan literasi kewirausahaan peserta didik setelah mengikuti pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) pembuatan POC?
2. Bagaimana profil keterampilan metakognitif peserta didik sebelum dan sesudah mengikuti *Project Based Learning* (PjBL) pembuatan POC?
3. Bagaimana perkembangan literasi kewirausahaan (*entrepreneurship literacy*) peserta didik selama implementasi *Project Based Learning* (PjBL) berbasis pembuatan POC dari limbah MBG?
4. Bagaimana keterampilan metakognitif dan kewirausahaan peserta didik yang teramati selama implementasi PjBL pembuatan POC?

#### 1.4 Batasan Masalah

Untuk memudahkan penelitian dan agar pembahasan lebih terarah pada pokok permasalahan penulis membatasi permasalahan yang diamati dan dikerjakan selama penelitian, diantaranya:

1. Penelitian ini hanya mengkaji keterampilan metakognitif dan literasi kewirausahaan peserta didik sebagai variabel utama yang diamati dan diukur selama implementasi model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis pemanfaatan limbah MBG.
2. Keterampilan metakognitif yang diukur dalam penelitian ini dibatasi pada dua dimensi utama, yaitu *Knowledge of cognition* (Pengetahuan deklaratif, dan prosedural) dan *Regulation of cognition* mencakup perencanaan (*planning*), pemantauan (*monitoring*), dan evaluasi (*evaluating*) yang diadaptasi dari *Metacognitive Awareness Inventory* (MAI) dalam konteks proyek pembuatan Pupuk Organik Cair (POC).
3. Literasi kewirausahaan yang diukur dalam penelitian ini dibatasi pada kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi peluang usaha, berinovasi terhadap produk, mengelola sumber daya, dan mengomunikasikan produk berbasis bioteknologi sederhana (POC) dari limbah MBG.
4. Subjek penelitian dibatasi pada peserta didik kelas X SMA Karya Pembangunan Baleendah yang mengikuti pembelajaran biologi pada materi Bioteknologi Tahun Ajaran 2025/2026.
5. Implementasi PjBL yang dibatasi konteks proyek nyata berupa pembuatan POC dari limbah organik program Makan Bergizi Gratis (MBG) di sekolah menggunakan bioaktivator Mikroorganisme Lokal (MOL) dari air cucian beras dan gula merah.

### 1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi tingkat pemahaman bioteknologi, kemampuan metakognitif dan literasi kewirausahaan peserta didik setelah mengikuti pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) pembuatan POC
2. Menganalisis keterampilan metakognitif peserta didik sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran berbasis *Project Based Learning* (PjBL) melalui pemanfaatan limbah MBG dalam pembuatan Pupuk Organik Cair (POC)
3. Menganalisis perkembangan literasi kewirausahaan peserta didik selama implementasi *Project Based Learning* (PjBL) berbasis pembuatan POC dari limbah MBG
4. Mendeskripsikan perilaku metakognitif dan kewirausahaan peserta didik yang teramati selama pelaksanaan setiap tahapan PjBL berbasis pemanfaatan limbah MBG

### 1.6 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada kemajuan pengetahuan pendidikan, khususnya dalam pembelajaran biologi pada materi bioteknologi submateri penggunaan mikroorganisme dalam bioteknologi. Hasil penelitian ini dapat memperkaya kajian terhadap penerapan model PjBL untuk mengembangkan keterampilan metakognitif dan keterampilan metakognitif peserta didik, serta penelitian ini dapat menjadi referensi akademik untuk penelitian selanjutnya yang meneliti studi lain yang serupa dengan pembelajaran berbasis proyek dengan isu lingkungan dan pendidikan berkelanjutan.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi Peserta Didik, memberikan pengalaman belajar yang bermakna, kontekstual, dan aplikatif melalui proyek pembuatan pupuk organik cair, sekaligus melatih kemampuan peserta didik untuk merencanakan, memantau, dan mengevaluasi proses berpikirnya sendiri secara mandiri
- b. Bagi Guru, memberikan referensi model pembelajaran inovatif dan sesuai dengan prinsip kurikulum merdeka, khususnya dalam merancang pembelajaran bioteknologi berbasis proyek nyata yang dapat mengembangkan keterampilan metakognitif dan literasi kewirausahaan peserta didik
- c. Bagi Sekolah, memberikan masukan dalam pengembangan kebijakan pembelajaran yang lebih kontekstual dan berwawasan lingkungan, sekaligus sebagai solusi pemanfaatan limbah organik sekolah dari program makan bergizi gratis (MBG) yang dapat menjadi produk yang bernilai guna.

Bagi penelitian selanjutnya, menjadi bahan rujukan dan acuan bagi peneliti lain yang ingin mengembangkan penelitian serupa, baik dengan variabel yang berbeda, jenjang pendidikan yang berbeda, maupun konteks proyek lingkungan yang lebih beragam.