

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kemajuan pada abad ke-21 ini, menjadikan informasi dapat diakses oleh semua orang dengan begitu cepat. Setiap individu harus memiliki keterampilan *soft skill* yang mumpuni agar dapat terjun ke dunia pekerjaan dan siap berkompetensi. Salah satu karakteristik yang paling menonjol pada abad ke-21 adalah semakin bertautnya berbagai disiplin ilmu pengetahuan, sehingga sinergi di antaranya menjadi semakin cepat. Pada abad ini, terjadi perubahan yang sangat cepat dan signifikan dalam berbagai aspek, baik dalam bidang ekonomi, transportasi, teknologi, komunikasi, informasi, dan tidak kalah penting dalam bidang pendidikan (Rindiani, 2023).

Selaras dengan hal tersebut, pendidikan hendaknya mampu mencetak sumber daya manusia yang mempunyai kemampuan agar dapat bersaing dalam menghadapi tantangan di abad 21 (Malikah, 2022). Salah satu kemampuan penting pada abad 21 adalah keterampilan pemecahan masalah, yang melibatkan kemampuan untuk membuat rencana atau strategi dalam mengatasi masalah (Arilaksmi, 2021). Menurut Santrock (2012) keterampilan pemecahan masalah diartikan sebagai kemampuan seseorang dalam menemukan solusi dengan melibatkan proses perolehan dan pengorganisasian informasi.

Karakteristik peserta didik abad ke-21 didominasi oleh generasi yang dekat dengan perkembangan teknologi dan informasi. Peserta didik cenderung lebih mudah memahami materi melalui pembelajaran yang interaktif, kolaboratif, serta berkaitan dengan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, guru perlu merancang pembelajaran yang mampu melibatkan peserta didik secara aktif dalam mencari informasi, berdiskusi, bekerja sama, memecahkan masalah, dan menghasilkan suatu produk pembelajaran (Rahma, 2022).

Pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik peserta didik abad ke-21 diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik (Sihab, 2024). Salah satu keterampilan penting yang harus dimiliki peserta didik pada abad ke-21 adalah keterampilan pemecahan masalah. Menurut Polya (1973), keterampilan pemecahan masalah terdiri atas empat indikator yaitu memahami masalah, menyusun rencana penyelesaian, menyelesaikan masalah, dan memeriksa kembali hasil yang diperoleh. Keterampilan ini diperlukan agar peserta didik mampu menghadapi berbagai persoalan secara logis, sistematis, dan kritis, sehingga proses pembelajaran perlu dirancang untuk melatih kemampuan tersebut melalui kegiatan belajar yang kontekstual dan bermakna.

Kondisi di lapangan menunjukkan bahwa keterampilan pemecahan masalah peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Berdasarkan data hasil survey *Programme for International Student Assessment* (PISA) pada tahun 2022 yang di dalamnya memuat komponen kemampuan pemecahan masalah diketahui bahwa kemampuan peserta didik di Indonesia mengalami peningkatan 5-6 peringkat dibandingkan hasil survey pada tahun 2018 (Kemendikbud, 2023). Akan tetapi, jika ditinjau dari segi hasil skor yang diperoleh pada bidang sains, kemampuan peserta didik Indonesia mengalami penurunan sebanyak 13 poin. Pada tahun 2018 memperoleh skor 396, sedangkan pada tahun 2022 memperoleh skor 383 dan berada di peringkat ke-65 (OECD, 2023).

Data tersebut menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah sehingga perlu ditingkatkan melalui inovasi pembelajaran yang mampu mengembangkan keterampilan abad ke-21. Salah satu model pembelajaran yang mendukung pengembangan keterampilan pemecahan masalah adalah *Project Based Learning* (PjBL). Model PjBL juga merupakan salah satu model yang direkomendasikan dalam Kurikulum Merdeka saat ini (Adevita, 2021).

Rendahnya keterampilan pemecahan masalah juga ditemukan dalam pembelajaran Biologi. Biologi tidak hanya menuntut peserta didik memahami konsep secara teoritis, tetapi juga mampu menerapkan konsep tersebut untuk menyelesaikan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan lingkungan, kesehatan, maupun teknologi. Oleh karena itu, pembelajaran biologi perlu dirancang agar mampu melatih keterampilan pemecahan masalah peserta didik melalui kegiatan yang kontekstual dan berorientasi pada penyelesaian masalah nyata (Majlaini, 2025).

Salah satu materi biologi yang sangat relevan untuk melatih keterampilan pemecahan masalah adalah materi Inovasi Teknologi Biologi. Materi ini membahas penerapan bioteknologi konvensional dan modern, penggunaan mikroorganisme, produk hasil bioteknologi, serta dampak penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Materi tersebut menuntut peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu menciptakan solusi dan menghasilkan produk sederhana berbasis bioteknologi (Aulia, 2022).

Dalam Kurikulum Merdeka, pembelajaran biologi Fase E menekankan pentingnya pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan berorientasi pada pengembangan keterampilan abad-21. Berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP) Fase E, peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional atau global terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya, virus dan peranannya, inovasi teknologi biologi, komponen ekosistem dan interaksi antar komponen, serta perubahan lingkungan.

Berdasarkan analisis Capaian Pembelajaran (CP), Tujuan Pembelajaran (TP), dan Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (IKTP), peserta didik diharapkan mampu mengidentifikasi permasalahan, menjelaskan konsep bioteknologi, merumuskan solusi, menerapkan konsep bioteknologi, serta mengevaluasi dampak dari solusi yang dihasilkan. Dengan demikian, materi Inovasi Teknologi Biologi sangat sesuai digunakan untuk melatih keterampilan pemecahan masalah peserta didik.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru Biologi di salah satu MAN di Kabupaten Majalengka, diperoleh informasi bahwa pembelajaran telah menggunakan berbagai model seperti *Discovery Learning*, *Inquiry Learning*, *Problem Based Learning*, diskusi, dan presentasi. Akan tetapi, penerapannya masih belum optimal dalam melatih keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Pembelajaran masih didominasi oleh penjelasan guru dan lebih berfokus pada penguasaan konsep secara teoritis sehingga peserta didik belum banyak terlibat dalam kegiatan proyek maupun pemecahan masalah yang berkaitan dengan kehidupan nyata.

Berdasarkan hasil analisis soal evaluasi yang digunakan di sekolah, soal yang diberikan masih didominasi oleh kemampuan mengingat dan memahami konsep. Soal yang mengarah pada indikator keterampilan pemecahan masalah seperti menganalisis masalah, merancang solusi, dan mengevaluasi hasil penyelesaian masalah belum pernah diberikan sehingga presentase yang mengukur keterampilan pemecahan masalah masih mencapai 0%, kondisi tersebut menyebabkan peserta didik belum terbiasa menghadapi soal berbasis pemecahan masalah.

Selain itu, peserta didik juga belum pernah mengaplikasikan konsep bioteknologi melalui kegiatan proyek pembuatan produk sederhana seperti yoghurt, tape, atau tempe. Pembelajaran masih terbatas pada pemahaman konsep dari buku tanpa praktik secara langsung. Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik kesulitan menghubungkan konsep Biologi dengan permasalahan nyata yang ada di lingkungan sekitar. Hal tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan (Sari, 2024) bahwa materi bioteknologi cukup sulit diajarkan karena bersifat aplikatif dan abstrak sehingga membutuhkan penguasaan dan konsep dasar yang benar.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara penguasaan konsep bioteknologi secara teoritis dengan kemampuan peserta didik dalam menerapkan konsep tersebut untuk menyelesaikan permasalahan secara nyata. Padahal, lingkungan sekitar sekolah memiliki sumber daya yang dapat dimanfaatkan sebagai konteks pembelajaran Inovasi Teknologi

Biologi, khususnya melalui pemanfaatan bahan yang tersedia untuk kegiatan pembuatan produk bioteknologi konvensional seperti tempe dan tape. Pemanfaatan sumber daya tersebut dapat dijadikan permasalahan atau situasi kontekstual yang mendorong peserta didik untuk tidak hanya mengikuti prosedur pembuatan produk, tetapi juga menggunakan pengetahuan yang dimiliki untuk mengidentifikasi permasalahan, menentukan bahan dan mikroorganisme yang sesuai, menyusun langkah penyelesaian, melakukan proses pembuatan produk, serta mengevaluasi hasil yang diperoleh. Dengan demikian, kegiatan proyek pembuatan tempe dan tape dapat memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik dalam menerapkan konsep bioteknologi sekaligus melatih setiap tahapan keterampilan pemecahan masalah, yaitu memahami masalah, menyusun rencana penyelesaian, melaksanakan penyelesaian, dan memeriksa kembali hasil yang diperoleh.

Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang mampu memanfaatkan potensi lingkungan sekitar sebagai konteks pembelajaran sekaligus memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat langsung dalam proses pemecahan masalah. Model *Project Based Learning* (PjBL) sesuai digunakan karena pembelajaran dilaksanakan melalui kegiatan proyek yang mengarahkan peserta didik untuk menghadapi permasalahan, merencanakan penyelesaian, melaksanakan proyek, menghasilkan suatu produk, dan mengevaluasi hasilnya. Melalui proyek pembuatan produk bioteknologi konvensional seperti tempe dan tape, peserta didik dapat menghubungkan konsep mikroorganisme dan proses fermentasi dengan kondisi nyata, kemudian menggunakan konsep tersebut untuk menentukan solusi terhadap permasalahan yang muncul selama proses pembuatan produk. Dengan demikian, PjBL tidak hanya memberikan pengalaman menghasilkan produk, tetapi juga menyediakan proses pembelajaran yang secara langsung melatih keterampilan pemecahan masalah peserta didik (Priyanto, 2019). PjBL adalah model pembelajaran yang inovatif yang berpusat pada siswa dan guru hanya menjadi motivator

dan fasilitator. Siswa akan menyusun sebuah masalah kemudian siswa yang akan mencari jawabannya sendiri sehingga kreativitas siswa untuk menyelesaikan masalah dapat meningkat dan pembelajaran akan lebih bermakna (Surya, 2018).

Model *Project Based Learning* (PjBL) berpusat pada peserta didik melalui kegiatan proyek untuk menghasilkan suatu produk dan menyelesaikan masalah nyata. Melalui model PjBL, peserta didik dilatih mencari informasi, bekerja sama, berpikir kritis, serta merancang solusi terhadap suatu permasalahan (Melina, 2023). Model *Project Based Learning* (PjBL) memiliki tahapan mulai dari menentukan pertanyaan mendasar, menyusun rencana proyek, menyusun jadwal, memantau kemajuan proyek, melakukan penilaian hasil, hingga evaluasi pengalaman (Masullah B. D., 2022)

Agar lebih sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21, model PjBL dapat diintegrasikan dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan suatu pendekatan dalam pendidikan yang memadukan sains, teknologi, teknik dan matematika dalam pembelajaran. STEM sangat tepat diterapkan dalam pendidikan abad 21 (Siswanto, 2018). Pendekatan ini dapat membantu siswa belajar untuk memecahkan masalah, berinovasi, menciptakan, mengolaborasi dan inovator yang diperlukan bagi masa yang akan datang (Yusuf, 2020).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) Berbasis STEM Terhadap Keterampilan Pemecahan Masalah Peserta Didik Pada Materi Inovasi Teknologi Biologi”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan, maka rumusan masalah bagaimana pengaruh model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik

pada materi Inovasi Teknologi Biologi, adapun pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana keterlaksanaan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM pada materi Inovasi Teknologi Biologi?
2. Bagaimana pengaruh model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi Inovasi Teknologi Biologi?
3. Bagaimana respon peserta didik pada saat pembelajaran menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM pada materi Inovasi Teknologi Biologi?

C. Tujuan Penelitian

Terkait rumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mendeskripsikan keterlaksanaan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM pada materi Inovasi Teknologi Biologi.
2. Untuk menganalisis pengaruh model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi Inovasi Teknologi Biologi.
3. Untuk mendeskripsikan respon peserta didik pada saat pembelajaran menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM pada materi Inovasi Teknologi Biologi.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, diharapkan penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pendidikan, khususnya mengenai pengaruh model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi guru, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi guru dalam meningkatkan kualitas pengajaran dan rancangan pembelajaran yang lebih menarik dan efektif dalam memahami kemampuan pemecahan masalah peserta didik.
- b. Bagi siswa, meningkatkan kepercayaan diri, mengembangkan kemampuan pemecahan masalah dan motivasi belajar peserta didik, sehingga pemahaman peserta didik lebih komprehensif karena materi yang disajikan relevan dengan kehidupan sehari-hari.
- c. Bagi sekolah, penelitian ini dapat menjadi referensi yang memberikan informasi tentang pengaruh model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi Inovasi Teknologi Biologi, sehingga dapat menjadi pertimbangan bagi lembaga dalam mengimplementasikan pembelajaran biologi dengan pembelajaran yang berbeda.
- d. Bagi peneliti lain, penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai sumber referensi dan landasan dalam penelitian yang sejenis terkait keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Oleh karena itu, peneliti ini dijadikan bekal bagi peneliti untuk kedepannya sebagai calon guru Biologi yang profesional.

E. Kerangka Berpikir

Dalam merancang pembelajaran, penting untuk memperhatikan tujuan pembelajaran yang selaras dengan kurikulum yang berlaku di sekolah. Saat ini rata-rata sekolah sudah menerapkan kurikulum merdeka. Kurikulum merdeka ini memberikan kebebasan kepada sekolah dan guru untuk menyesuaikan pembelajaran dengan kebutuhan. Kurikulum merdeka bertujuan untuk memberikan siswa kesempatan belajar dengan nyaman dan menyenangkan untuk mengembangkan bakat alami mereka (Rahayu, 2022). Kurikulum Merdeka memberikan keleluasan kepada pendidik untuk

merancang pembelajaran yang berpusat pada peserta didik serta mendorong pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan keterampilan pemecahan masalah (Shufa, 2023).

Tujuan pembelajaran dalam kurikulum merdeka disebut dengan Capaian Pembelajaran (CP). Capaian pembelajaran (CP) untuk siswa kelas X MAN yaitu pada akhir fase E peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional, atau global terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya, virus dan peranannya, Inovasi teknologi biologi, komponen ekosistem dan interaksi antar komponen, serta perubahan lingkungan.

Dalam materi inovasi teknologi biologi mencakup beberapa sub materi yaitu Pengertian bioteknologi konvensional dan penggunaan mikroorganisme dalam biologi, Jenis mikroorganisme dan proses produk bioteknologi konvensional, Evaluasi penerapan dan upaya meminimalkan dampak negatif dan positif. Capaian pembelajaran ini kemudian dijadikan tujuan dan indikator pembelajaran. Tujuan pembelajaran harus memiliki komponen-komponen yang diperlukan agar dapat diterapkan secara efektif dalam pembelajaran (Siswati, 2023). Oleh karena itu, maka tujuan pembelajaran yang diharapkan melalui pembelajaran menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) Berbasis STEM adalah peserta didik mampu menunjukkan keterampilan pemecahan masalah dalam menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional, atau global terkait pemahaman Inovasi Teknologi Biologi.

Pada pembelajaran Biologi di kelas X khususnya materi inovasi teknologi biologi yang memiliki peran penting karena berkaitan langsung dengan kehidupan siswa dan masyarakat. Sebagaimana pendapat Anggrella (2025) siswa memerlukan kemampuan pemecahan masalah karena melalui kemampuan pemecahan masalah, siswa dapat menghasilkan pengetahuan yang bermakna dari proses menemukan solusi atas masalahnya sendiri.

Terdapat empat indikator kemampuan pemecahan masalah menurut Polya (1973) yang disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Indikator dan Sub Indikator Pemecahan Masalah (Polya, 1973)

No	Indikator	Sub Indikator
1	Memahami masalah	Memberikan penafsiran
2	Menyusun rencana penyelesaian	Menyusun strategi yang akan dibuat
3	Menyelesaikan masalah	Mengambil keputusan dan tindakan
4	Memeriksa kembali hasil yang diperoleh	Memeriksa kebenaran dari suatu pernyataan

Keterampilan pemecahan masalah sangat penting untuk membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak melalui penerapan dalam situasi nyata. Melalui pendekatan berbasis masalah, siswa dilatih untuk mengamati fenomena, merumuskan pertanyaan, membuat hipotesis, dan menemukan solusi berdasarkan bukti ilmiah. Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga melatih kemampuan berpikir kritis dan pengambilan keputusan. Hal tersebut sesuai dengan tujuan pembelajaran abad 21 yang menekankan integrasi antara pengetahuan, keterampilan, dan sikap ilmiah (Siswati, 2023).

Proses pemecahan masalah tidak hanya membutuhkan kemampuan intelektual, tetapi juga melibatkan keterampilan metakognitif seperti merencanakan, memantau, dan mengevaluasi strategi yang digunakan. Siswa yang memiliki kemampuan metakognitif yang baik cenderung lebih mampu mengidentifikasi langkah-langkah yang paling efektif dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi. Keterampilan ini memungkinkan siswa untuk menyesuaikan strategi ketika menemui hambatan sehingga solusi yang ditemukan menjadi lebih optimal. Karakteristik ini menjadikan pemecahan masalah sebagai kompetensi yang berkaitan erat dengan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Anggrella, 2025).

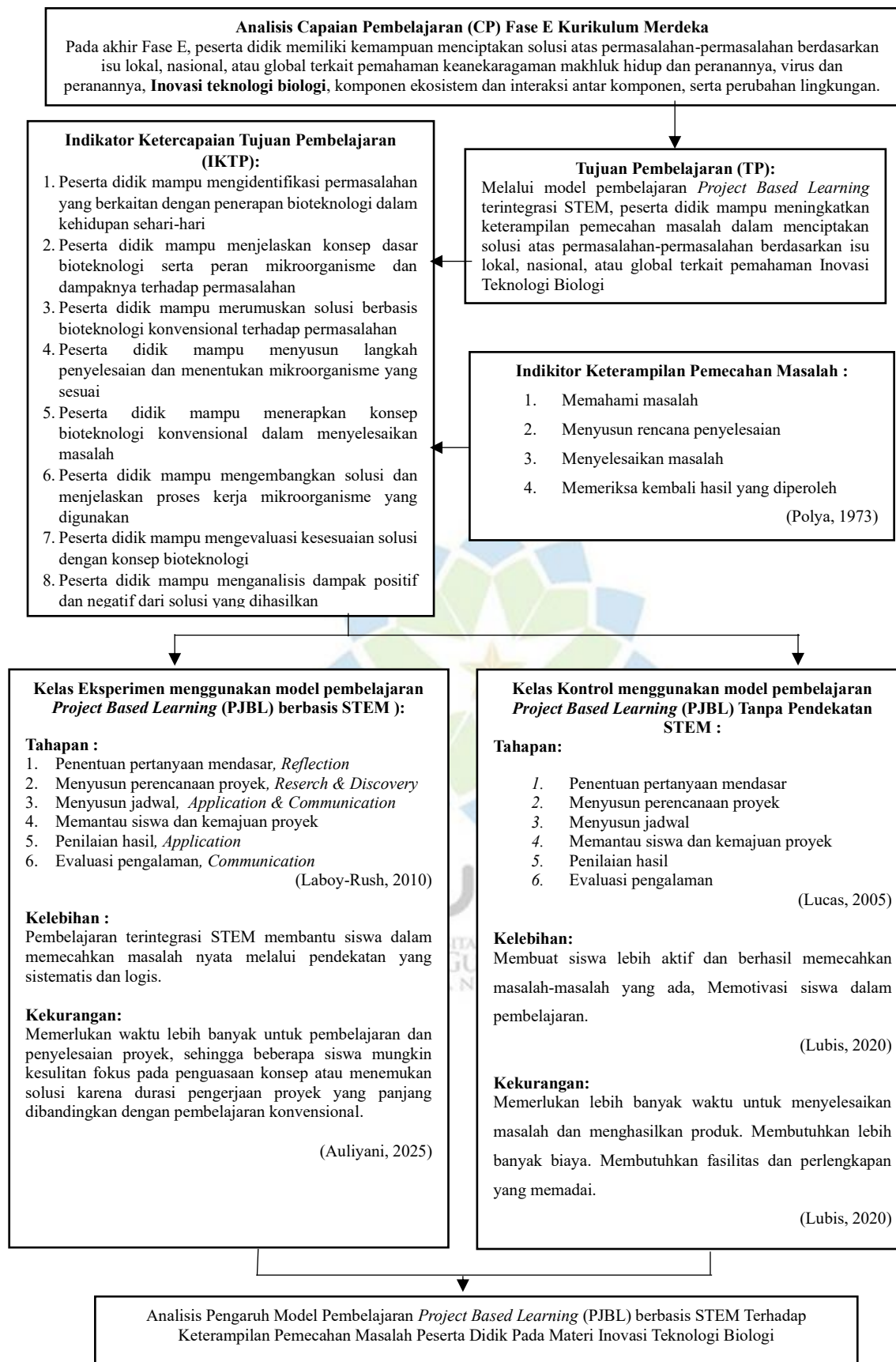
Pembelajaran melalui model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM dan pembelajaran konvensional merupakan bentuk nyata aksi pendidik dalam mengelola aktivitas kelas. Melalui pembelajaran *Project*

Based Learning (PjBL) berbasis STEM siswa akan menerapkan konten sains, teknologi, teknik, matematika, untuk menyelesaikan masalah. Siswa akan membentuk pengetahuan baru disertai dengan mengembangkan keterampilan dan sikap positif (Rahmania, 2021).

Model PjBL memiliki beberapa kelebihan yaitu menumbuhkan motivasi belajar dan mendorong keterampilan siswa untuk melakukan hal yang penting, mengembangkan keterampilan untuk memecahkan masalah membuat siswa aktif dan dapat menyelesaikan permasalahan yang kompleks, mengembangkan keterampilan berkomunikasi siswa, mendapatkan pengalaman pembelajaran dalam mengerjakan tugas proyek, menanamkan siswa untuk belajar memahami informasi dan mengaitkan pengetahuan yang dimiliki, kemudian diaplikasikan dengan dunia nyata (Lubis, 2020).

Selain memiliki kelebihan, model PjBL juga memiliki kekurangan seperti membutuhkan waktu yang relatif lama dalam pelaksanaanya, memerlukan kesiapan guru dalam mengelola pembelajaran, serta membutuhkan sarana dan prasarana yang memadai (Lubis, 2020).

Penelitian ini melibatkan dua kelompok siswa, yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Untuk mengetahui kemampuan awal siswa dilakukan *pretest* terlebih dahulu menggunakan soal dengan indikator keterampilan pemecahan masalah. Kemudian setelah hasil *pretest* diketahui, siswa kelompok kontrol dan kelompok eksperimen diberikan perlakuan yang berbeda. Kelompok kontrol dilakukan proses pembelajaran dengan menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) Tanpa Pendekatan STEM sedangkan kelompok eksperimen menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM. Untuk mengetahui lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1.1 Kerangka Pemikiran Penelitian

F. Hipotesis

Berdasarkan variabel-variabel yang ada, hipotesis penelitian yaitu “ Terdapat pengaruh Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi inovasi teknologi biologi“. Adapun hipotesis statistik yang dilakukan pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

H₀ : Model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM tidak berpengaruh signifikan terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi Inovasi Teknologi Biologi.

H_a : Model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM berpengaruh signifikan terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi Inovasi Teknologi Biologi.

G. Penelitian yang Relevan

Berikut ini tinjauan pustaka berupa relevansi penelitian terdahulu sebagai pendukung dalam penelitian ini:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Mamahit (2020) didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan keterampilan berpikir kreatif pada materi bakteri, jamur, serta keanekaragaman dengan berbantu model PjBL-STEM. Pengaruh model PjBL-STEM terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa dapat terlihat mampu menyelesaikan masalah, berargumen berdasarkan fakta, serta memiliki kesanggupan mental untuk menyelesaikan masalah.
2. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fitriyani (2020) pada materi bioteknologi menunjukkan nilai $Z_{hitung} = 2,89 \geq Z_{tabel} = 2,33$, sehingga hipotesis diterima, dalam artian bahwa penerapan PjBL-STEM memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa pada materi bioteknologi.

3. Hasil penelitian yang dilakukan Afifah (2019) pada mata pelajaran biologi menunjukkan bahwa model *project based learning* (PjBL) berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematic*) dapat meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan berpikir kritis siswa, hal ini terlihat dari hasil uji hipotesis yang menunjukkan $Z_{hitung} \geq Z_{tabel}$.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Tipani (2019) pada materi daur ulang limbah yang hasilnya dibuktikan dengan uji hipotesis bahwa $Z_{hitung} > Z_{tabel}$, artinya model PjBL-STEM dapat meningkatkan penguasaan konsep dan kemampuan berpikir analitis siswa. Siswa mampu mengungkapkan suatu materi yang disajikan ke dalam bentuk yang lebih dipahami, mampu memberikan interpretasi.
5. Penelitian yang dilakukan oleh Hidayah (2018) menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa sebesar 75% pada kategori tinggi setelah penerapan model *Problem Posing*, dibandingkan dengan 55% pada pembelajaran konvensional.
6. Penelitian yang dilakukan Penelitian oleh Ginting (2024) menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) memiliki pengaruh terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa pada materi virus, dengan pengaruh yang diberikan tergolong besar (nilai parsial eta squared $0,369 > 0,14$).
7. Penelitian yang dilakukan oleh Elva (2021) mengenai pengaruh implementasi model *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis STEM terhadap pembelajaran sains di abad 21. Hasilnya menunjukkan bahwa model PjBL-STEM dapat meningkatkan penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kemampuan komunikasi, dan keterampilan kolaborasi siswa, yang semuanya 34 merupakan keterampilan penting di abad 21 untuk mendukung kesiapan siswa menghadapi tantangan dunia kerja.