

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pembelajaran abad ke-21 menuntut terjadinya transformasi signifikan dalam proses pendidikan, di mana peserta didik tidak hanya dituntut untuk menguasai pengetahuan, tetapi juga mampu mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, kolaborasi, literasi digital, serta memiliki karakter religius dan kepedulian sosial (Judijanto et al., 2025). Salah satu harapan utama dari pembelajaran abad ke-21 adalah terwujudnya literasi teknologi yang mendorong peserta didik untuk tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga mampu mengolah dan memanfaatkannya secara kreatif dan bertanggung jawab dalam proses pembelajaran (Aswita et al., 2022). Selain itu, kemampuan berpikir kritis juga menjadi fokus penting, karena peserta didik diharapkan mampu menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, dan mengambil keputusan yang logis serta berdasarkan data (Rendi et al., 2024).

Dalam konteks pembelajaran sains seperti Biologi, kemampuan berfikir kritis berhubungan erat dengan kemampuan argumentasi ilmiah sehingga menjadi keterampilan utama yang perlu dikembangkan sebagai wujud penerapan berpikir kritis dan pemahaman mendalam terhadap fenomena ilmiah (Fitri et al., 2025). Pembelajaran abad ke-21 juga mendorong integrasi lintas disiplin ilmu, sehingga siswa tidak hanya melihat suatu konsep dari satu sudut pandang, tetapi mampu mengaitkannya dengan nilai-nilai agama, teknologi, seni, serta permasalahan lingkungan sekitar (Sabara & Rohmaniyah, 2025). Nilai religius dalam pembelajaran menjadi pondasi dalam membentuk karakter siswa agar mampu menyikapi ilmu pengetahuan dengan bijak dan beretika (Sholihah & Khoiriyah, 2024). Oleh karena itu, pembelajaran yang bersifat aplikatif menjadi sangat relevan, karena mampu menghubungkan konsep-konsep abstrak dengan penerapan nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Manfaat pembelajaran abad ke-21 tidak hanya terletak pada peningkatan hasil belajar, tetapi juga pada tumbuhnya kesadaran siswa sebagai agen perubahan yang mampu berkontribusi dalam menyelesaikan masalah-masalah global maupun lokal (Hapudin, 2021). Pembelajaran sains berbasis

proyek, seperti pemanfaatan limbah organik melalui pembuatan Eco-enzyme, merupakan salah satu pendekatan aplikatif yang dapat mengintegrasikan aspek teknologi, lingkungan, nilai religius, serta keterampilan berpikir kritis dan argumentasi ilmiah (Aulia, 2024). Oleh karena itu, penting untuk merancang pembelajaran Biologi yang mampu mengakomodasi tuntutan abad ke-21 melalui pendekatan *Project-Based Learning* (PJBL) berbasis E-STREAM, agar pembelajaran menjadi lebih bermakna, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan kompetensi abad ke-21 (Azizah et al., 2020).

Pembelajaran sains di sekolah, khususnya dalam mata pelajaran Biologi, cenderung masih bersifat teoritis dan kurang dikaitkan dengan konteks kehidupan nyata siswa (Awaluddin, 2025). Pendekatan pembelajaran seperti ini menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami makna dari konsep-konsep ilmiah yang dipelajari, sehingga pembelajaran menjadi kurang bermakna dan tidak mampu mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar. Kurangnya keterlibatan langsung dalam pembelajaran juga berdampak pada lemahnya keterampilan berpikir kritis dan kemampuan argumentasi ilmiah siswa. Siswa lebih banyak menjadi penerima informasi daripada sebagai peserta aktif yang mengeksplorasi, berdiskusi, dan memecahkan masalah berdasarkan data dan pengalaman nyata (Kusasih & Satria, 2024).

Hasil survei dari penelitian Ishaq et al (2022) menunjukkan bahwa kemampuan berargumentasi peserta didik secara keseluruhan masih berada pada kategori kurang. Secara rinci, aspek klaim (*claim*) berada pada kategori cukup dengan skor rata-rata 5.81, namun aspek data (*evidence*) dan pembenaran (*warrant*) berada pada kategori kurang dengan skor masing-masing 5.67 dan 4.81, sedangkan aspek dukungan (*backing*) berada pada kategori sangat kurang dengan skor 3.44. Persentase peserta didik yang mampu menulis klaim dengan baik mencapai sekitar 30.56%, namun untuk aspek lain masih rendah dan belum ada yang mencapai kategori sangat baik.

Salah satu penyebabnya yaitu kurangnya keterlibatan siswa serta belum diterapkannya pendekatan pembelajaran yang integratif dan kontekstual, seperti E-STREAM. E-STREAM merupakan perluasan dari model STEM, yang mencakup *Environmental* (lingkungan), *Science* (ilmu pengetahuan alam),

Technology (teknologi), *Religion* (agama), *Engineering* (rekayasa), *Arts* (seni), dan *Mathematics* (matematika). Sayangnya, dalam praktiknya, pembelajaran di sekolah belum sepenuhnya mengintegrasikan unsur-unsur tersebut (Agustina et al., 2020). Aspek *Environmental* belum banyak dimanfaatkan untuk membangun kepedulian siswa terhadap isu lingkungan sekitar; *Science* belum diajarkan secara aplikatif dan eksploratif; *Technology* belum difungsikan optimal untuk mendukung proses. *Religion* seringkali diajarkan terpisah, tanpa diintegrasikan dengan sains sebagai dasar moral dan etika ilmiah (Mumtazah et al., 2025); *Engineering* jarang dikenalkan dalam konteks rekayasa solusi berbasis proyek; *Arts* belum dimanfaatkan untuk meningkatkan kreativitas dalam menyampaikan gagasan ilmiah; dan *Mathematics* belum dilibatkan sebagai alat analisis dalam pengolahan data ilmiah secara menyeluruh.

Kurangnya penerapan pendekatan E-STREAM dalam pembelajaran berdampak pada rendahnya kemampuan siswa dalam memahami keterkaitan antar disiplin ilmu dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (Syarah, 2021). Hal ini juga memengaruhi rendahnya kemampuan argumentasi ilmiah siswa, karena mereka tidak terbiasa mengolah informasi dari berbagai sudut pandang dan tidak terbiasa menyampaikan gagasan berdasarkan bukti dan logika yang kuat (Dianti et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu mengatasi masalah-masalah tersebut melalui pendekatan berbasis proyek yang integratif dan kontekstual (Tubagus et al., 2024).

Berdasarkan hasil observasi awal di SMA Sekolah Indonesia Jeddah, ditemukan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam mengemukakan pendapat dan membangun argumentasi, khususnya dalam pembelajaran Biologi. Siswa cenderung pasif dan hanya menyampaikan jawaban yang bersifat hafalan tanpa penalaran yang mendalam atau penjelasan berbasis data. Hal ini berdampak pada rendahnya keterampilan berpikir kritis dan kemampuan komunikasi ilmiah siswa, yang sejatinya menjadi aspek penting dalam pembelajaran abad ke-21. Siswa juga tampak kurang percaya diri dalam diskusi kelas dan jarang mengajukan pertanyaan atau memberikan tanggapan terhadap pendapat temannya.

Kesulitan ini diduga disebabkan oleh pendekatan pembelajaran yang masih menekankan pada hafalan teori, bukan pada pemahaman konseptual dan pengolahan informasi secara aktif. Siswa terbiasa mengulang informasi dari buku atau penjelasan guru, tanpa diberikan cukup ruang untuk berdialog, mengeksplorasi gagasan, dan menyusun argumen logis berdasarkan pengamatan atau hasil eksperimen. Ketiadaan pembiasaan kegiatan argumentatif dalam pembelajaran sehari-hari memperkuat budaya belajar yang pasif dan kurang reflektif.

Sebagai solusi, diperlukan pembiasaan kegiatan yang mendorong siswa untuk berargumen secara ilmiah, misalnya melalui diskusi terbimbing, debat ilmiah, presentasi proyek, dan penggunaan media digital interaktif yang merangsang berpikir kritis. Penerapan pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) dengan pendekatan E-STREAM yang memuat unsur lingkungan, teknologi, rekayasa, hingga nilai religius, dapat menjadi strategi yang efektif untuk menumbuhkan kebiasaan berpikir dan berkomunikasi ilmiah secara kontekstual (Savitri et al., 2023).

Project-Based Learning (PJBL) merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang sangat relevan diterapkan dalam konteks pembelajaran abad ke-21 (Alhayat et al., 2023). PJBL menekankan pada keterlibatan aktif siswa dalam memecahkan masalah nyata melalui proyek yang dirancang secara kolaboratif dan kontekstual (Sholeh et al., 2024). Alasan utama penggunaan PJBL adalah kemampuannya untuk mendorong keterampilan berpikir kritis, kerja sama, kreativitas, dan komunikasi semua merupakan komponen esensial dalam pengembangan kompetensi siswa secara menyeluruh (Yani, 2021). Melalui PJBL, siswa tidak hanya belajar memahami konsep, tetapi juga menerapkannya dalam kehidupan nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan aplikatif (Syafila & A'yun, 2024).

Salah satu kelebihan PJBL adalah memberikan ruang kepada siswa untuk mengeksplorasi berbagai sumber pengetahuan secara lintas disiplin (Brahmandika & Sutarna, 2024). Dalam proyek yang dirancang dengan baik, siswa dapat mengaitkan konsep biologi dengan aspek lingkungan, teknologi, nilai-nilai agama, rekayasa, seni, dan matematika, yang sejalan dengan

pendekatan E-STREAM. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga menumbuhkan kesadaran akan keterkaitan ilmu pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari (Barkah et al., 2024).

Namun, berdasarkan observasi di SMA Sekolah Indonesia Jeddah, pembelajaran Biologi di sekolah tersebut belum menerapkan integrasi lintas disiplin secara maksimal. Materi masih diajarkan secara terpisah dari konteks kehidupan nyata dan jarang dikaitkan dengan bidang ilmu lain. Padahal, tantangan global saat ini menuntut kemampuan berpikir lintas bidang, sehingga penting untuk menghadirkan inovasi pembelajaran seperti PJBL berbasis E-STREAM yang mampu memfasilitasi pembelajaran kolaboratif, transdisipliner, dan berbasis nilai-nilai karakter.

Pendekatan E-STREAM (*Environmental, Science, Technology, Religion, Engineering, Arts, Mathematics*) merupakan pengembangan dari model pembelajaran STEM yang dirancang untuk menjawab tantangan pembelajaran abad ke-21 secara lebih menyeluruh dan kontekstual (Jayanto, 2025). E-STREAM tidak hanya menekankan pada penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi, tetapi juga menyatukan nilai-nilai lingkungan, religiusitas, seni, dan logika matematika dalam pembelajaran (Kurniawan et al., 2022). Dalam konteks abad ke-21, manfaat utama E-STREAM adalah mendorong terciptanya pembelajaran yang kolaboratif, integratif, kreatif, dan relevan dengan kehidupan nyata. Siswa didorong untuk berpikir kritis, memecahkan masalah, berinovasi, dan membangun kepedulian terhadap isu-isu global dan lokal yang kompleks (Adiputra & Hidayah, 2025).

Dalam pembelajaran Biologi, penerapan E-STREAM membawa manfaat besar karena mampu menyatukan aspek konseptual dan aplikatif secara seimbang. Misalnya, siswa tidak hanya mempelajari siklus materi dan energi secara teoritis, tetapi juga diajak menerapkannya dalam konteks lingkungan seperti pengelolaan limbah rumah tangga, pemanfaatan bioteknologi sederhana, dan pemahaman ekologis dari sudut pandang keilmuan dan religius (Kustiarini et al., 2024). Integrasi dengan seni (*Arts*) juga memberi peluang siswa mengekspresikan ide ilmiah secara kreatif, seperti melalui poster edukasi, video, atau prototipe alat sederhana berbasis hasil proyek. Aspek matematika dan

teknologi digunakan sebagai alat bantu dalam perencanaan eksperimen, analisis data, dan dokumentasi hasil pembelajaran (Setiawan et al., 2023).

Salah satu bentuk konkret dari penerapan E-STREAM dalam pembelajaran Biologi adalah melalui proyek pembuatan Eco-enzyme, yaitu cairan serbaguna hasil fermentasi limbah organik (kulit buah/sayur, gula merah, dan air) yang ramah lingkungan. Proyek ini melibatkan pemahaman konsep biologi (fermentasi, dekomposisi, mikroorganisme), teknologi sederhana (proses pembuatan dan pemanfaatan), nilai religius (kepedulian terhadap lingkungan sebagai bentuk amanah menjaga bumi), matematika (perbandingan dan pengukuran bahan), serta seni (desain kemasan, kampanye visual). Dengan kata lain, proyek Eco-enzyme menjadi medium nyata penerapan E-STREAM yang mampu meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah, kepekaan sosial, dan kepedulian lingkungan secara bersamaan dalam satu rangkaian pembelajaran bermakna (Fu et al., 2025).

Eco-enzyme merupakan cairan organik serbaguna yang dihasilkan melalui proses fermentasi limbah organik seperti kulit buah, sayuran, air, dan gula merah. Manfaat utama dari Eco-enzyme tidak hanya terbatas pada fungsinya sebagai pembersih alami, pupuk organik, dan pengusir serangga, tetapi juga pada kontribusinya terhadap pengurangan limbah rumah tangga dan pelestarian lingkungan (Lubis et al., 2025). Dalam konteks pembelajaran, Eco-enzyme dapat menjadi proyek yang konkret, terukur, dan aplikatif, sekaligus menumbuhkan kesadaran ekologis serta tanggung jawab sosial siswa terhadap lingkungan sekitarnya (Novianawati et al., 2025).

Aspek *Environmental* dalam pendekatan E-STREAM sangat tercermin melalui proyek Eco-enzyme, karena siswa tidak hanya belajar tentang konsep daur ulang dan proses biologis fermentasi, tetapi juga mengalami secara langsung bagaimana limbah dapat diolah menjadi produk bermanfaat (Budaraga & Maidija, 2021). Proyek ini mendorong siswa untuk berpikir sistemik terhadap permasalahan lingkungan, membangun kepedulian, dan mencari solusi nyata. Lebih dari sekadar praktik laboratorium, proyek Eco-enzyme mengajarkan nilai keberlanjutan (*sustainability*) yang kontekstual dan sesuai dengan prinsip pembelajaran abad ke-21 (Budhayana, 2024).

Selain itu, proyek pembuatan Eco-enzyme memberikan pengalaman belajar yang bermakna karena melibatkan seluruh tahap proyek : mulai dari identifikasi masalah lingkungan, perencanaan pembuatan, proses fermentasi, analisis hasil, hingga penyampaian laporan dan argumentasi ilmiah atas produk yang dihasilkan (Silmi et al., 2024). Hal ini sangat relevan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan argumentasi ilmiah siswa, karena mereka didorong untuk menyampaikan proses dan manfaat proyek mereka secara logis dan berbasis bukti (Yaqin, 2024).

Sayangnya, berdasarkan hasil observasi di SMA Sekolah Indonesia Jeddah, pembelajaran Biologi berbasis proyek seperti ini belum diterapkan secara maksimal. Model *Project-Based Learning* (PJBL) yang seharusnya dapat mengaktifkan peran siswa dalam pembelajaran kontekstual dan lintas disiplin masih belum menjadi bagian dari praktik rutin di kelas (Satar et al., 2025). Padahal, dengan memanfaatkan Eco-enzyme sebagai media proyek, guru tidak hanya dapat mengembangkan kompetensi sains siswa, tetapi juga membangun kesadaran lingkungan, keterampilan kolaborasi, dan kemampuan komunikasi ilmiah yang esensial (Susanti et al., 2023).

Dalam menghadapi tantangan pendidikan abad ke-21, penerapan model pembelajaran *Project-Based Learning* (PJBL) perlu didukung dengan media pembelajaran yang adaptif dan digital, salah satunya adalah E-Modul. E-Modul merupakan bahan ajar berbasis elektronik yang dirancang secara interaktif, sistematis, dan mandiri untuk mendukung kegiatan belajar siswa. Ketika PJBL dipadukan dengan E-Modul, pembelajaran menjadi lebih fleksibel, kaya sumber, serta dapat memfasilitasi kebutuhan belajar individual siswa (Fitri et al., 2025). Hal ini sangat penting dalam konteks abad ke-21 yang menuntut keterampilan literasi digital, belajar mandiri, pemecahan masalah, dan pemanfaatan teknologi secara optimal.

Manfaat integrasi E-Modul dalam PJBL antara lain adalah memberikan panduan terstruktur dalam pelaksanaan proyek, memfasilitasi siswa dalam mengakses materi secara mandiri di luar jam pelajaran, serta menyediakan ruang untuk interaksi digital melalui evaluasi berbasis aplikasi atau fitur multimedia interaktif (Adha & Faridi, 2024). Selain itu, E-Modul dapat dirancang untuk

menyisipkan aspek literasi lingkungan, religius, dan lintas disiplin, sehingga mampu mendukung pendekatan E-STREAM secara lebih mendalam. E-Modul juga mendorong keterampilan abad ke-21 seperti kemampuan mencari informasi, memfilter data, membaca visual, serta menyampaikan gagasan dalam bentuk digital yang komunikatif (Habibah et al., 2025).

Pembelajaran abad ke-21 menuntut pendekatan pembelajaran yang integratif, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir kritis, kemampuan argumentasi ilmiah, literasi teknologi, serta penguatan nilai karakter dan kepedulian terhadap lingkungan. Namun, berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan melalui wawancara dengan guru Biologi di SMA Sekolah Indonesia Jeddah, pembelajaran Biologi masih menghadapi sejumlah kendala dalam penerapan pembelajaran lintas disiplin secara optimal. Dengan adanya E-Modul, guru dapat memberikan arahan yang jelas, langkah-langkah proyek yang terstruktur, serta penilaian yang terintegrasi dengan kemampuan argumentasi ilmiah. Selain itu, siswa akan lebih terbantu dalam mendalami materi secara visual dan aktif, sesuai dengan karakter pembelajaran digital masa kini (Ariyanto et al., 2024).

Pembelajaran abad ke-21 menuntut pendekatan yang integratif, aplikatif, dan berpusat pada pengembangan keterampilan berpikir kritis, argumentasi ilmiah, literasi teknologi, dan nilai karakter seperti religiusitas serta kepedulian terhadap lingkungan (Maulida & Hikmah, 2025). Guru Biologi menyatakan bahwa pendekatan STEAM sangat relevan dan selaras dengan Kurikulum Merdeka, terutama dalam mendukung pembelajaran berbasis proyek dan penguatan Profil Pelajar Pancasila. Meskipun demikian, penerapannya masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan waktu pembelajaran, lingkungan belajar yang kurang mendukung kegiatan eksperimen, serta keterbatasan fasilitas laboratorium, alat praktik, dan teknologi pembelajaran. Selain itu, motivasi belajar siswa yang cenderung fluktuatif berdampak pada rendahnya keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran.

Kondisi tersebut menyebabkan pembelajaran Biologi masih dominan bersifat teoritis, sehingga siswa belum terbiasa mengemukakan pendapat, menganalisis permasalahan, dan membangun argumentasi ilmiah secara

sistematis. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu mengaitkan konsep Biologi dengan permasalahan nyata serta melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa. Berdasarkan permasalahan tersebut Penerapan *Project-Based Learning* (PJBL) berbasis E-STREAM menjadi solusi yang potensial dalam menjawab tantangan tersebut, karena menggabungkan berbagai disiplin ilmu seperti lingkungan, sains, teknologi, agama, rekayasa, seni, dan matematika dalam satu kegiatan pembelajaran yang utuh dan bermakna.

Proyek pembuatan Eco-enzyme merupakan contoh nyata dari penerapan pembelajaran kontekstual yang mampu mengembangkan kesadaran ekologis sekaligus keterampilan berpikir dan berargumen secara ilmiah (Mufti et al., 2024). Untuk mendukung pelaksanaan PJBL secara efektif, diperlukan media pembelajaran yang adaptif, seperti E-Modul. E-Modul dapat memperkuat pemahaman siswa secara mandiri, terstruktur, dan interaktif, sekaligus memfasilitasi keterampilan abad ke-21 dalam literasi digital dan problem solving (Karnando et al., 2021). Namun, sejauh ini, penggunaan E-Modul dalam pembelajaran Biologi di sekolah tersebut masih belum dimaksimalkan.

Oleh karena itu, inovasi pembelajaran melalui Penerapan E-Modul PjBL E-Stream (*Environmental, Science, Technology, Religion, Engineering, Arts, Mathematics*) Eco-enzyme untuk meningkatkan argumentasi ilmiah siswa menjadi penting untuk diterapkan. Inovasi ini tidak hanya menjawab kebutuhan penguatan argumentasi ilmiah siswa, tetapi juga memperkuat relevansi pembelajaran Biologi dalam kehidupan nyata, sesuai dengan visi pendidikan abad ke-21.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Siswa mengalami kesulitan dalam menyampaikan pendapat dan membangun argumentasi ilmiah.
2. Keterampilan argumentasi ilmiah siswa masih rendah.
3. Pembelajaran belum menerapkan pendekatan integratif lintas disiplin seperti E-STREAM.

4. Pendekatan *Project-Based Learning* (PJBL) belum digunakan secara maksimal di kelas Biologi.
5. Proyek nyata seperti Eco-enzyme belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai media pembelajaran kontekstual.
6. Penggunaan E-Modul dalam pembelajaran Biologi belum optimal, masih mengandalkan buku cetak.
7. Literasi teknologi dan kemampuan belajar mandiri siswa belum berkembang secara maksimal.
8. Nilai-nilai religius dan kepedulian terhadap lingkungan belum terintegrasi secara maksimal dalam pembelajaran Biologi.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka peneliti membatasi masalah sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada pembelajaran Biologi di kelas X SMA Sekolah Indonesia Jeddah.
2. Model pembelajaran yang digunakan adalah *Project-Based Learning* berbasis E-STREAM.
3. Proyek yang dikembangkan adalah pembuatan Eco-enzyme sebagai media pembelajaran.
4. Media pembelajaran yang digunakan adalah E-Modul interaktif yang mendukung pelaksanaan PJBL.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah yang telah diuraikan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan E-Modul dengan model *Project-Based Learning* berbasis E-STREAM melalui proyek Eco-enzyme dalam pembelajaran Biologi?
2. Bagaimana perbedaan peningkatan argumentasi ilmiah siswa setelah diterapkan E-Modul dengan model *Project-Based Learning* berbasis E-Stream Proyek Eco-enzyme dengan yang tidak?

3. Bagaimana respon siswa terhadap penerapan PJBL berbasis E-STREAM Proyek Eco-enzyme dengan media E-Modul?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis penerapan E-Modul model *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis E-STREAM melalui proyek Eco-enzyme dalam pembelajaran Biologi.
2. Untuk menganalisis perbedaan peningkatan argumentasi ilmiah siswa setelah diterapkan E-Modul dengan model *Project-Based Learning* berbasis E-STREAM melalui Proyek Eco-enzyme dengan yang tidak.
3. Untuk menganalisis respon siswa setelah mengikuti pembelajaran E-Modul PJBL berbasis E-STREAM proyek Eco-enzyme.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pendidikan, khususnya dalam pembelajaran Biologi, dengan memperkaya wawasan mengenai efektivitas penerapan E-Modul berbasis *Project-Based Learning* (PJBL) yang terintegrasi pendekatan E-STREAM dalam meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah siswa.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penulis

Penelitian ini memberikan pengalaman langsung dalam merancang dan menerapkan model pembelajaran PJBL berbasis E-STREAM menggunakan E-Modul, sekaligus menumbuhkan pemahaman tentang pentingnya argumentasi ilmiah dan pembelajaran kontekstual di abad ke-21.

b. Bagi Pendidik dan Calon Pendidik

Penelitian ini memberikan referensi praktis dalam mengembangkan strategi pembelajaran inovatif dan integratif yang mendukung keterampilan

berpikir kritis, kolaborasi, dan penguatan karakter siswa melalui proyek berbasis lingkungan seperti Eco-enzyme.

c. Bagi Siswa

Siswa memperoleh pengalaman belajar yang aktif, aplikatif, dan menyenangkan melalui proyek nyata, serta mampu mengembangkan kemampuan berargumentasi secara ilmiah, berpikir kritis, dan meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan.

d. Bagi Sekolah

Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan kurikulum dan program pembelajaran yang berorientasi pada kompetensi abad ke-21, serta mendorong integrasi teknologi dan nilai karakter dalam kegiatan belajar mengajar.

