

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman, berubah dari era industri menjadi era informasi, maka permasalahan yang perlu dihadapi pun semakin kompleks. Teknologi, komunikasi, dan informasi yang berkembang begitu pesat menuntut pembelajaran di sekolah dirancang untuk memenuhi keterampilan-keterampilan yang harus dimiliki generasi abad-21. Konsep keterampilan abad-21 ini mencakup berbagai kompetensi penting untuk bertahan dan sukses di dunia yang didorong oleh teknologi yang semakin dinamis. Salah satu keterampilan tersebut adalah keterampilan rekayasa. Rekayasa menjadi keterampilan penting karena membantu mereka mengatasi tantangan baru secara sistematis dan menerapkan konsep-konsep dengan efektif (James *et al.*, 2013). Mengatasi tantangan tersebut akan efektif jika keterampilan ini dibarengi dengan kesadaran dan aksi nyata terhadap isu-isu berkelanjutan.

Di Indonesia, keterampilan rekayasa belum menjadi fokus utama dalam pendidikan. Berdasarkan penelitian Hidayatulloh & Utiya Azizah (2020), hanya sekitar 44% siswa yang mampu menganalisis masalah dan 8% siswa yang mampu merencanakan alternatif penyelesaian masalah. Kekurangan ini tidak hanya menghambat kinerja individu tetapi juga mempengaruhi produktivitas secara keseluruhan di mana kurangnya siswa yang terampil menyebabkan tantangan dan pengambilan keputusan yang buruk (Akinshipe *et al.*, 2019). Padahal menurut Kraft *et al.* (2022), keterampilan rekayasa dibutuhkan untuk memecahkan masalah dan mempersiapkan siswa untuk turun langsung ke lapangan. Ini menjadi langkah awal pendidikan di sekolah mulai memasukkan keterampilan rekayasa dalam tahap pembelajarannya, sehingga siswa dapat terlibat dan mengasah kemampuan memecahkan masalah sederhana hingga global. Kontribusi siswa dapat dimulai dari memperbaiki hal-hal kecil yang ada.

Sebagai bentuk implementasi dari aktivitas keterampilan rekayasa, siswa dapat melakukan aksi nyata berkelanjutan dalam pembelajaran di kelas. Sayangnya, siswa di sekolah masih menunjukkan aksi yang rendah dikarenakan kesadaran

masyarakat terkait tujuan pembangunan berkelanjutan masih sederhana sehingga diperlukan penguatan aksi agar siswa lebih terdorong untuk melakukan kegiatan yang sejalan dengan SDGs (Manolis & Manoli, 2021; Zul Ilham *et al.*, 2021). Melalui aksi ini, siswa dapat secara langsung berkontribusi dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs) dengan menjadi pembuat keputusan, pemecah masalah aktif, dan warga yang diberdayakan yang mampu menciptakan strategi dengan menerapkan keterampilan rekayasa untuk masa depan yang berkelanjutan (Chen & Liu, 2020). Selain itu, dengan melibatkan siswa sebagai agen perluasan aksi-aksi konkret berbagai sektor pembangunan berkelanjutan, sejalan dengan tujuan program yang dikembangkan oleh UNESCO, yaitu *Global Action Program* (GAP) yang salah satu prioritas aksi utamanya adalah mengintegrasikan *Education Sustainable Development* (ESD) ke dalam kebijakan pendidikan dan pengembangan berkelanjutan (UNESCO, 2017).

Salah satu pendekatan strategis dalam dunia pendidikan yang dapat membantu meningkatkan keterlibatan siswa dalam aksi berkelanjutan adalah melalui pembelajaran proyek. Pembelajaran berbasis proyek mendorong siswa untuk mengambil kepemilikan atas pembelajaran mereka, sehingga menghasilkan tingkat partisipasi siswa yang tinggi dalam melakukan aksi nyata berkelanjutan (Pudjiarti *et al.*, 2024). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek (PJBL) terbukti efektif meningkatkan keterlibatan aksi siswa, dengan satu penelitian menunjukkan peningkatan aktivitas siswa dari 62,34% menjadi 81,40% setelah menerapkan PJBL (Zulkhi *et al.*, 2024).

Salah satu pembelajaran berbasis proyek yang tepat untuk mencapai tujuan ini, menggunakan model yang mengintegrasikan STEM (*Science, Technology, Engineering, dan Mathematics*) di dalamnya. Dalam penelitiannya, Faizah *et al.* (2024) menemukan bahwa proyek seperti pemantauan kualitas udara menggunakan Arduino menunjukkan bagaimana kegiatan STEM dapat melibatkan siswa dalam masalah keberlanjutan secara langsung. Selain itu, melalui model pembelajaran STEM, siswa akan memiliki lebih banyak kesempatan untuk menerapkan pengetahuan dan kompetensi STEM dalam memecahkan masalah atau memenuhi

kebutuhan daripada berfokus pada materi pelajaran tertentu dan mengabaikan penerapan pengetahuan itu (Lin *et al.*, 2020).

Diketahui model pembelajaran STEM juga mempengaruhi peningkatan keterampilan rekayasa. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pengimplementasian pembelajaran proyek STEM terbukti mampu meningkatkan keterampilan rekayasa siswa dari desainer pemula (tingkat 1) menjadi desainer berkembang (tingkat 3) dari total 4 tingkatan keterampilan rekayasa siswa (Rusmana *et al.*, 2021). Pembelajaran STEM memberikan pengalaman terstruktur dari proses rekayasa bagi siswa (Firman *et al.*, 2016). Hal ini dikarenakan pembelajaran proyek STEM menggabungkan 4 disiplin ilmu yang membantu siswa membentuk asosiasi antara teori dan praktik. Teori ini mencakup pemahaman sains dan matematika, sementara praktiknya adalah keterampilan rekayasa dan pengembangan teknologi (Widodo, 2021). Sebagai model pembelajaran, sintak STEM juga mengacu pada tahapan *Engineering Design Process* (EDP), meliputi identifikasi masalah, memikirkan dan menentukan solusi berupa produk, menguji cobanya, serta melakukan evaluasi dan refleksi (Han & Shim, 2019). Di dalam pembelajaran proyek STEM, siswa dilatih untuk merancang eksperimen dan memecahkan masalah dunia nyata, yang menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif mereka (Sucilestari *et al.*, 2023; Djafar *et al.*, 2023). Di sisi lain, sebagai upaya mendukung program UNESCO yang mengintegrasikan prinsip *Education Sustainable Development* (ESD) di dalam pendidikan, maka masalah yang diangkat dalam proyek pembelajaran STEM diambil melalui permasalahan global. Salah satu permasalahan berkelanjutan yang perlu mendapat perhatian penting adalah tantangan mengenai ekosistem darat, terutama degradasi tanah dan menurunnya keanekaragaman hayati.

Di Indonesia sendiri, penurunan kualitas tanah (degradasi) dan keanekaragaman hayati disebabkan oleh praktik pertanian yang buruk, terutama penggunaan pestisida yang tidak bijak. Pestisida yang digunakan untuk membasmi hama dapat bersifat persisten di lingkungan dalam waktu bertahun-tahun. Efek tersebut menyebabkan terjadinya degradasi tanah yang mempengaruhi kelembaban, pH, temperatur, dan mikroorganisme tanah (Puspitasari, 2016). Bahan kimia dalam pestisida juga berbahaya bagi makhluk hidup, termasuk manusia. Menurut *World*

Health Organization (WHO), sekitar 1-5 juta orang mengalami keracunan yang diakibatkan oleh paparan pestisida dengan tingkat kematian mencapai angka 220 ribu korban jiwa (Ibrahim & Sillehu, 2022; Pamungkas, 2016). Diketahui juga melalui pengamatan yang dilakukan oleh (Wahyuni *et al.*, 2022), pengaplikasian pestisida sintesis oleh petani sering kali salah sehingga tidak tepat sasaran, yang justru mematikan makhluk hidup non-target. Jika hal ini terjadi akan berdampak buruk bagi keseimbangan kehidupan di darat sehingga perlu menjadi perhatian global untuk mencegah dampak yang semakin buruk bagi ekosistem daratan.

Salah satu upaya yang telah dilakukan adalah menggunakan *light trap*. Teknologi ini beberapa kali diperkenalkan kepada kelompok tani sebagai alternatif pengendali hama selain pestisida (Aulia *et al.*, 2023.; Pembuatan *et al.*, 2023; Wahyuni *et al.*, 2022). *Light trap* memanfaatkan cahaya untuk menangkap hama terutama dari golongan insekta yang tertarik pada cahaya tertentu. Namun teknologi ini memerlukan pengembangan lebih lanjut karena beberapa hal, seperti sumber listrik yang terbatas, karena *light trap* tidak boleh dipasang dekat dengan jalan untuk menghindari bias cahaya (Alifia *et al.*, 2022). Selain itu, terdapat risiko hewan non-target (bukan hama) ikut terjatuh, serta perlu adanya penyesuaian intensitas dan panjang gelombang cahaya tertentu yang dapat menarik hama secara efektif (Wahyuni *et al.*, 2022).

Tantangan ini memberikan peluang bagi siswa untuk berinovasi melalui pembuatan produk teknologi yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Dengan melibatkan siswa dalam pembuatan produk rekayasa berupa *prototype light trap* yang lebih inovatif, mereka tidak hanya didorong untuk meningkatkan keterampilan rekayasa, tetapi juga berkontribusi dalam menghasilkan solusi permasalahan lingkungan, seperti degradasi tanah dan berkurangnya keanekaragaman hayati. Keterlibatan siswa ini mendorong aksi-aksi berkelanjutan untuk menjaga ekosistem darat.

Aksi berkelanjutan ini sesuai dengan salah satu tujuan yang dikemukakan PBB tentang 17 tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), yaitu pada tujuan ke 15: *Life on land* (kehidupan di daratan). Tujuan ini menekankan untuk melindungi, merestorasi, dan mendukung keberlanjutan ekosistem darat. Dengan mengurangi

ketergantungan pestisida kimia, penggunaan *light trap* dapat mencegah terjadinya degradasi tanah, melindungi keanekaragaman hayati, dan menjaga keseimbangan ekosistem. Inovasi ini menjadi langkah nyata memastikan praktik pertanian berkelanjutan dan mendukung upaya global dalam mewujudkan tujuan berkelanjutan kehidupan di darat.

Dalam konteks pencapaian SDG 15, pendidikan mengambil peran yang sangat krusial terutama dalam mempersiapkan dan meningkatkan kualitas sumber daya manusia (siswa) dengan alat untuk memecahkan masalah di masa depan. Dengan mengintegrasikan nilai-nilai SDG 15 ke dalam kurikulum yang ada, siswa dapat terlibat sebagai *agent of change* terkait isu keberlanjutan meski kontribusinya masih kecil (Pateman *et al.*, 2020). Setidaknya siswa berada di lingkungan yang dapat merekonstruksi pola pikir dan bertumbuh, sehingga pengenalan dasar dan pemahaman terkait SDGs dapat diciptakan (Apriline Hega Tareze *et al.*, 2022). Melalui pendidikan, siswa dapat memupuk pemahaman sains, kemampuan rekayasa, dan mengembangkan teknologi menghasilkan produk kreatif terkait keberlanjutan ekosistem darat.

Dalam kurikulum merdeka, terdapat mata pelajaran biologi yang membahas bab perubahan lingkungan di kelas X. Adapun Capaian Pembelajaran (CP) yaitu “Peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal dan global dari pemahamannya tentang keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya serta perubahan lingkungan” (Kemdikbudristek, 2024). CP tentang kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan dikaitkan dengan *Life on land* untuk mendukung SDGs dan mengarahkan siswa untuk mengembangkan *light trap* yang berhubungan dengan pencegahan degradasi tanah dan melindungi keanekaragaman hayati. Dengan menerapkan pembelajaran proyek STEM-ESD SDGs *Life on land* dapat menciptakan pembelajaran yang inovatif dalam biologi, aplikatif di kehidupan nyata, dan melatih keterampilan siswa untuk merancang produk teknologi dalam mengatasi masalah.

Pembelajaran proyek STEM – ESD diharapkan dapat mendukung dan mengembangkan keterampilan rekayasa dan aksi siswa untuk menyelesaikan

permasalahan *Life on land* melalui solusi pengembangan teknologi *light trap*. Oleh karena itu, berdasarkan paparan yang telah disampaikan, peneliti bermaksud untuk meneliti “Pembelajaran Proyek STEM-ESD *Life on land* pada Materi Pencemaran Lingkungan terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa”.

1.2 Rumusan Masalah

Sebagaimana yang telah dipaparkan dalam latar belakang, permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah “Bagaimana keterampilan rekayasa dan peningkatan aksi siswa di SMA setelah pembelajaran proyek STEM-ESD *Life on land* pada materi pencemaran lingkungan?”. Selanjutnya, rumusan masalah tersebut diuraikan menjadi pertanyaan penelitian yang harus dijawab dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana keterampilan rekayasa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD *Life on land*?
2. Bagaimana peningkatan aksi siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD *Life on land* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dicapai dari penelitian ini yaitu mengetahui keterlibatan siswa dalam pelaksanaan pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD *Life on land* terhadap keterampilan rekayasa dan aksi siswa. Secara rinci tujuan tersebut diuraikan menjadi tujuan utama, yaitu:

1. Memperoleh informasi tentang keterampilan rekayasa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD *Life on land*.
2. Memperoleh informasi tentang peningkatan aksi siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD *Life on land*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam memperkaya ranah keilmuan tentang pembelajaran proyek STEM-ESD *Life on land* serta dampaknya pada keterampilan rekayasa dan aksi berkelanjutan siswa. Secara rinci, manfaat yang diharapkan diuraikan menjadi manfaat teoritis dan manfaat praktis sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian dari pelaksanaan penelitian ini diharapkan dapat memberikan dukungan dalam upaya mengembangkan ranah keilmuan tentang penggunaan pembelajaran proyek STEM-ESD pada keterampilan rekayasa dan aksi siswa untuk mendukung poin *Sustainable Development Goal* nomor 15 tentang *Life on land*.

2. Manfaat Praktis

- a. Hasil temuan dan analisis penelitian ini diharapkan dapat memberikan dukungan dalam pengembangan keilmuan terkait contoh proyek siswa untuk membuat teknologi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan di ekosistem darat terutama terkait degradasi tanah dan berkurangnya keanekaragaman hayati.
- b. Hasil temuan dan analisis penelitian ini diharapkan dapat menjadi saran dalam upaya mewujudkan kesejahteraan ekosistem darat yang berkelanjutan melalui aksi membuat produk teknologi.
- c. Hasil temuan dan analisis penelitian ini diharapkan dapat menjadi saran dalam upaya mewujudkan kesejahteraan ekosistem darat yang berkelanjutan melalui bidang pendidikan.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan agar lebih terfokus pada masalah yang diteliti sehingga berada pada ruang lingkup yang telah ditentukan dan tidak meluas. Batasan masalah dalam penelitian ini secara rinci diuraikan sebagai berikut.

1. Variabel bebas penelitian ini yaitu metode pembelajaran proyek *Life on land* berbasis STEM-ESD yang berfokus pada pembuatan *prototype* alat rekayasa menggunakan prinsip *reverse engineering* pada *light trap* komersial.
2. Keterampilan rekayasa yang dilihat merupakan keterampilan siswa dalam menerapkan tahapan rekayasa untuk merancang *prototype* alat rekayasa menggunakan prinsip *reverse engineering* hanya dilakukan di kelas eksperimen yang menggunakan pembelajaran STEM-ESD.

1.6 Asumsi Penelitian

Penelitian ini didasari oleh asumsi bahwa Pembelajaran proyek STEM-ESD *life on land* memberikan kesempatan kepada siswa untuk membuat produk teknologi yang dapat mendukung pencapaian SDGs ke-15 sehingga terhubung dengan lingkungan sekitar, meningkatkan kesadaran lingkungan, serta mendorong keterlibatan siswa dalam aksi keberlanjutan terkait *life on land*.

1.7 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan asumsi yang telah diuraikan, maka hipotesis penelitian ini adalah Pembelajaran proyek STEM-ESD *life on land* meningkatkan aksi siswa di SMA.

1.8 Struktur Organisasi Skripsi

Penelitian yang telah dilakukan dilaporkan dan dipertanggungjawabkan dalam berkas berupa skripsi yang terstruktur. Adapun struktur organisasi skripsi mengikuti pedoman penulisan dalam buku yang dikeluarkan oleh Universitas Pendidikan Indonesia edisi tahun 2024 diuraikan sebagai berikut.

Pertama, BAB I Pendahuluan, bagian ini berisi konteks dan masalah yang melatar belakangi penelitian, rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian, manfaat dilakukannya penelitian, dan ruang lingkup penelitian, batasan masalah yang menjadi ruang lingkup atau batas batas agar terfokus pada masalah yang diteliti, asumsi yang digunakan sebagai dasar penelitian, hipotesis penelitian yang menjadi dugaan awal peneliti untuk dilaksanakannya penelitian, dan struktur organisasi skripsi.

Kedua, BAB II Tinjauan Pustaka, bagian ini berisi uraian teori dan penelitian dahulu yang berisi kerangka teori dan konsep yang mendasari dan mendukung penelitian ini. Bagian ini berisi tiga subbab meliputi proyek pembelajaran berbasis STEM-ESD SDG *Life on land*, keterampilan rekayasa, dan aksi siswa.

Ketiga, BAB III Metode Penelitian, bagian ini berisi penjelasan terkait metode yang digunakan dalam penelitian meliputi desain penelitian, populasi dan sampel yang digunakan, definisi operasional setiap variabel penelitian, instrumen yang digunakan untuk mengukur setiap variabel terikat yang diteliti serta untuk

mendukung variabel penelitian, prosedur penelitian, analisis data, dan alur penelitian.

Keempat, BAB IV Hasil dan Pembahasan, bagian ini berisi temuan-temuan dari hasil penelitian yang telah diperoleh, hasil dan pembahasan mengenai pengaruh pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD SDG *Life on land* terhadap keterampilan rekayasa dan aksi siswa di SMA disajikan secara rinci sesuai indikator masing-masing setiap variabel.

Kelima, BAB V Simpulan dan Saran, berisi ringkasan dari hasil penelitian serta menjawab rumusan masalah dan pertanyaan penelitian, serta berisi saran sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya atau implikasi praktis dari temuan penelitian.