

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meluasnya perkembangan informasi pengetahuan dan juga teknologi pada abad ke-21 ini menyebabkan terjadinya perubahan secara cepat di dalam kehidupan dari berbagai sisi, salah satunya memicu imbauan untuk pembaruan pendidikan secara global. Pembaruan tersebut mengakibatkan adanya perancangan ulang terkait sistem dasar pada kurikulum dari segi pengetahuan, sikap, dan keterampilan siswa (Muyambo-Goto *et al.*, 2023). Di sekolah pembelajaran yang menekankan pada keterampilan desain rekayasa memiliki peran yang penting, hal tersebut tentunya berguna untuk dapat mendukung pengetahuan serta praktik siswa dalam menangani isu permasalahan yang ada di kehidupan sehari-hari (Tipmontiane & Williams, 2022). Berdasarkan *Global Innovation Index* (GII) 2023 Indonesia masih berada pada peringkat ke-61 dari 132 dengan skor 30,3. Jika diurutkan dengan berdasarkan negara ASEAN Indonesia pun masih ada pada peringkat ke-5 yang berada di bawah negara Singapura, Malaysia, dan juga Filipina (World Intellectual Property Organization, 2023). Salah satu indikator yang digunakan oleh GII dalam penilaiannya adalah *knowledge and technology outputs*. Indikator tersebut digunakan untuk mengukur kemampuan suatu negara dalam melakukan perubahan dari ide yang diperoleh menjadi hasil nyata atau suatu produk di bidang pengetahuan dan juga teknologi.

Tentunya dengan hal tersebut, menjadi suatu kesempatan untuk dikembangkan dengan lebih lanjut agar Indonesia mampu bersaing di kancah global. Salah satunya dengan dimulai dalam pembelajaran di sekolah untuk melatih keterampilan rekayasa siswa. Akan tetapi, pada kenyataannya keterampilan rekayasa tersebut masih kurang penerapannya di dalam pembelajaran. Selain itu, keterampilan rekayasa tersebut masih kurang diperkenalkan kepada siswa dalam pembelajaran sains (Winarno *et al.*, 2020). Padahal Moore *et al.* (2015) menyatakan bahwa rekayasa perlu ada di dalam pembelajaran, dengan adanya penggabungan rekayasa dan sains dapat mempersiapkan siswa dalam menghadapi tantangan abad

ke-21. Keterampilan rekayasa dapat menjadi bekal bagi siswa untuk dapat mendesain dan mengkonstruksi suatu sistem atau teknologi yang dapat bermanfaat (Agustina *et al.*, 2020). Tentunya ketika melakukan rekayasa siswa perlu memiliki keterampilan untuk merancang sistem, komponen, serta solusi dalam memenuhi ide yang diinginkan (Schubert *et al.*, 2012).

Selain keterampilan rekayasa, siswa juga memerlukan aksi dalam menerapkan kesadaran dan kepedulian terhadap permasalahan lingkungan. Namun masih banyak siswa yang kurang memiliki kesadaran akan hal tersebut (Aini *et al.*, 2022). Terdapat beberapa isu permasalahan keberlanjutan yang dihadapi generasi mendatang saat ini, seperti perubahan iklim dan krisis penggunaan energi bahan bakar fosil (Jorgenson *et al.*, 2019). Siswa merupakan generasi penerus di masa depan yang akan memiliki peran penting dalam pembangunan yang berkelanjutan (Sagena *et al.*, 2022). Akan tetapi, pelaksanaan pendidikan masih kurang aplikatif, sehingga siswa hanya mendapatkan pengetahuan, akan tetapi kesadaran dalam melakukan aksi untuk mengatasi permasalahan lingkungan masih kurang (Kamil *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mayanti *et al.* (2025) menyatakan bahwa siswa masih belum mengetahui terkait keberlanjutan, dan masih belum memahami bentuk aksi dalam mendukung tujuan *affordable and clean energy*. Sehingga perlu adanya pembelajaran yang lebih edukatif untuk menerapkan sikap dan aksi nyata. Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh Sinakou *et al.* (2022) mengungkapkan bahwa minat dan praktik pembelajaran yang dilakukan oleh guru mengenai keberlanjutan masih terbatas, sehingga pembelajaran yang menuntut siswa dalam melakukan aksi nyata masih rendah.

Perhatian tentang isu permasalahan energi menjadi sangat penting, terlebih lagi sejak adanya peristiwa krisis minyak di tahun 1970an yang mengakibatkan adanya perubahan terhadap tata kelola energi secara menyeluruh (Agastia *et al.*, 2024). Energi merupakan salah satu kebutuhan yang penting bagi masyarakat untuk membantu menunjang aktivitas sehari-hari. Kita sebagai manusia mempunyai berbagai macam keterampilan yang dapat digunakan dalam memanfaatkan sumber daya alam sehingga dapat digunakan untuk berbagai aktivitas yang dilakukan

sehari-hari. Umumnya, saat ini energi yang banyak digunakan oleh masyarakat pada kegiatan sehari-hari adalah dengan menggunakan bahan bakar fosil (Pambudi *et al.*, 2024). Dimana dalam pemanfaatan energi tersebut dapat menimbulkan persoalan yang terjadi. Hal tersebut dikarenakan penggunaan bahan bakar fosil memiliki daya pakai yang terbatas (Biantoro & Permana, 2017).

Selain adanya keterbatasan, ketergantungan pada penggunaan bahan bakar fosil tersebut juga dapat menyebabkan dampak yang negatif, seperti kerusakan lingkungan, meningkatkan polusi yang dapat mengancam masyarakat, serta meningkatkan emisi gas rumah kaca yang dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global (Assareh *et al.*, 2024; Puspita & Nugraheni, 2024; Putri *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Karakurt & Aydin (2023) menyatakan bahwa Indonesia masuk pada negara yang kurang lebih 80% menggunakan bahan bakar fosil seperti batubara dan minyak bumi sebagai energi primer. Secara global emisi gas karbon dioksida dari hasil pembakaran bahan bakar fosil terhitung sebanyak 34,8 miliar ton (Baek, 2016).

Dalam kegiatan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil sangat dimungkinkan dengan adanya penggunaan energi terbarukan (Kay Lup *et al.*, 2023). Dengan memanfaatkan penggunaan energi terbarukan secara berkelanjutan seperti biomassa, air, energi matahari, dan angin, sangatlah penting dalam menjaga kelestarian dan keamanan untuk generasi mendatang (Ucal & Xydis, 2020). Selain itu, penggunaan energi terbarukan dapat mengurangi bahaya ekologis yang dapat berdampak pada perkembangan manusia dan aktivitas ekonomi (Gyamfi *et al.*, 2024). Perubahan pada energi terbarukan tersebut merupakan perubahan sosial-ekonomi yang mendalam, karena penggunaan energi tersebut tentunya berperan penting dalam kualitas hidup dan pembangunan (Hassan *et al.*, 2024). Sehingga pada tanggal 21 Oktober 2015, PBB membentuk suatu agenda yang disebut dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs). SDGs ini merupakan tujuan yang dirancang untuk mengatasi suatu permasalahan dari segi aspek lingkungan, ekonomi, dan juga sosial.

Permasalahan energi menjadi salah satu target yang harus dicapai dalam SDGs yaitu pada poin ke-7 untuk memastikan akses ke energi yang terjangkau, andal, dan berkelanjutan pada tahun 2030, dengan poin 7.2 yang menekankan pada pentingnya peningkatan pemanfaatan energi terbarukan. Fokus utama poin tersebut adalah mengurangi ketergantungan pada energi bahan bakar fosil dan meningkatkan potensi penggunaan energi terbarukan (Bappenas, 2017; Dzaka & Tauhid, 2018). Maka dari itu, diperlukan suatu model pembelajaran yang memuat materi SDGs untuk dapat mendukung siswa dalam memunculkan keterampilan rekayasa dan aksi berkelanjutan untuk dapat beradaptasi pada kondisi sekarang ini. Pembelajaran yang dapat dilakukan untuk memunculkan keterampilan tersebut salah satunya bisa menggunakan pembelajaran berbasis *Science, Technology, Engineering, Mathematics* (STEM) yang diintegrasikan dengan ESD (*Education for Sustainable*). Dalam pembelajaran STEM siswa akan mengetahui bagaimana keempat aspek yang ada yaitu pengetahuan (*Science*), teknologi (*Technology*), teknik (*Engineering*), dan matematika (*Mathematics*) dipadukan sehingga dalam pembelajaran bukan hanya terkait konsep, namun juga ditekankan pada proses pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari secara nyata melalui pengembangan teknologi. Melalui pengintegrasian aspek-aspek tersebut ke dalam pembelajaran, akan membuat siswa memiliki pengalaman belajar yang lebih bermakna (Mulyani, 2019; Widodo, 2021).

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan sebelumnya juga, sekolah yang digunakan sebagai tempat penelitian memiliki potensi besar untuk memunculkan keterampilan rekayasa dan aksi siswa dalam mengatasi permasalahan ketergantungan energi bahan bakar fosil dan beralih pada energi terbarukan. Lingkungan sekitar sekolah melimpah sumber limbah organik seperti kotoran hewan, selain itu tak sedikit siswa yang memiliki peternakan sapi di rumahnya. Hal tersebut tentunya dapat dimanfaatkan sebagai sarana pembelajaran proyek biogas bagi siswa, untuk mendukung tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan nomor 7. Kondisi tersebut kontekstual untuk dilakukan pembelajaran proyek STEM-ESD, karena siswa bukan hanya mempelajari konsep energi secara teoritis

namun juga dapat melakukan praktik langsung dalam pemanfaatan energi terbarukan, sehingga hal tersebut dapat menjadi pengalaman baru siswa untuk dapat memunculkan keterampilan rekayasa dan aksi siswa secara nyata.

Melalui pembelajaran STEM diharapkan siswa memiliki kemampuan dalam pemecahan masalah di kehidupan sehari-hari secara nyata berdasarkan pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang telah dimilikinya serta memiliki kesadaran untuk ikut berpartisipasi dalam berbagai isu keberlanjutan (Bybee, 2013). Dengan dilakukannya pembelajaran STEM-ESD dapat memberikan kesempatan siswa untuk ikut berkontribusi dalam melakukan transformasi secara nyata meskipun dalam proporsi yang sederhana (Habibaturrohman *et al.*, 2023). Sehingga, dengan menggabungkan pembelajaran STEM dan ESD mampu memperkaya pengalaman peserta didik terhadap nilai-nilai keberlanjutan serta kepedulian terhadap lingkungan (Martín-Sánchez *et al.*, 2022).

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya oleh Del Cerro Velázquez & Rivas (2020) menyebutkan bahwa pembelajaran STEM dapat meningkatkan aksi siswa terkait keberlanjutan. Pembelajaran STEM dilakukan dengan proyek untuk menemukan solusi keberlanjutan di lingkungan mereka, sehingga timbul rasa kesadaran untuk melakukan aksi berkelanjutan pada siswa. Penelitian lain juga menyebutkan bahwa pembelajaran STEM, berpengaruh terhadap aksi berkelanjutan siswa, karena pada saat proses pembelajaran terbentuk rasa kesadaran dalam diri siswa untuk melakukan aksi berkelanjutan (Mukti, 2024). Selain itu, pembelajaran dengan menggunakan STEM dapat menumbuhkan keterampilan berpikir dalam desain rekayasa pada materi energi (Abdurrahman *et al.*, 2023). Penelitian yang dilakukan oleh Rusmana *et al.* (2021) menyatakan bahwa pembelajaran STEM memberikan dampak positif terhadap rekayasa siswa karena adanya pengintegrasian keempat bidang ilmu tersebut mampu melibatkan siswa untuk mengembangkan keterampilan rekayasa mereka.

Pembelajaran STEM memiliki prinsip dimana siswa memiliki pengetahuan terhadap sains sehingga dapat memiliki kreatif untuk menemukan teknologi yang dapat digunakan dalam pemecahan masalah berdasarkan pada proses rekayasa

(*engineering process*) (Zainurrisalah *et al.*, 2018). Dengan melakukan pembelajaran STEM siswa diperkenalkan terlebih dahulu konsep-konsep ilmiah dan dilanjutkan dengan proses desain rekayasa (*engineering design process*) (Cheng *et al.*, 2024). Dalam proses desain teknik tidak ada ide ataupun teknologi yang gagal dan menjadi tidak berarti ataupun bernilai dalam pembuatannya. Karena setiap ide ataupun solusi yang dihasilkan dengan berupa teknologi dapat membantu untuk melihat suatu penyelesaian permasalahan dari berbagai macam pemikiran yang berbeda (Rusmana *et al.*, 2021). Berdasarkan hal yang sudah disebutkan, pembelajaran STEM penting dilakukan guna menumbuhkan keterampilan rekayasa dan aksi siswa khususnya pada isu-isu keberlanjutan agar dapat mewujudkan tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan, salah satunya pada tujuan nomor 7 yaitu untuk mendukung penggunaan energi terbarukan. Maka dari itu, dilakukan penelitian mengenai pembelajaran proyek STEM-ESD terkait SDGs 7 (*Affordable and Clean Energy*) terhadap keterampilan rekayasa dan aksi siswa.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah diuraikan di atas, permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini yaitu “Bagaimana keterampilan rekayasa dan peningkatan aksi siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD terkait *Affordable and Clean Energy*?”. Kemudian rumusan masalah tersebut dirinci menjadi :

1. Bagaimana keterampilan rekayasa siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD terkait *Affordable and Clean Energy*?
2. Bagaimana peningkatan aksi siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD terkait *Affordable and Clean Energy*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mendapatkan informasi terhadap keterampilan rekayasa dan peningkatan aksi siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD terkait *Affordable and Clean Energy*. Tujuan penelitian tersebut dirinci menjadi :

1. Memperoleh informasi untuk menganalisis keterampilan rekayasa siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD terkait *Affordable and Clean Energy*.
2. Memperoleh informasi untuk menganalisis peningkatan aksi siswa setelah pembelajaran STEM-ESD terkait *Affordable and Clean Energy*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk memberikan pengalaman serta menambah pengetahuan kepada siswa dalam pembuatan reaktor biogas sebagai sumber energi terbarukan dengan menggunakan suatu pembelajaran proyek STEM-ESD sehingga siswa dapat memiliki keterampilan rekayasa dalam merancang dan membuat solusi untuk mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan, dan juga memiliki kesadaran dalam melakukan aksi nyata untuk ikut berkontribusi menangani isu permasalahan yang ada di lingkungan sekitar siswa. Selain itu, untuk menambah informasi dan wawasan baru sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan bagi guru untuk menerapkan pembelajaran proyek STEM-ESD dalam mendukung pembangunan berkelanjutan.

1.5 Batasan Masalah

Berikut ini dipaparkan mengenai batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini, agar dalam pelaksanaannya dapat lebih spesifik dan skalanya tidak meluas.

1. Variabel bebas penelitian ini adalah pembelajaran proyek STEM-ESD yang berfokus dalam pembuatan reaktor biogas dengan memanfaatkan limbah organik kotoran hewan untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi terbarukan dalam mendukung SDGs nomor 7 yaitu *Affordable and Clean Energy*.
2. Keterampilan rekayasa diukur secara berkelompok dengan jumlah siswa kurang lebih 5-6 orang, berdasarkan dari hasil jawaban LKPD siswa dan juga selama proses pembelajaran STEM-ESD berlangsung dalam pembuatan teknologi sederhana reaktor biogas. Penilaian menggunakan rubrik dengan

skala Likert 1-4 hasil adaptasi dan modifikasi dari penelitian yang dilakukan oleh Jin (2015), terdiri dari empat fase, tujuh kriteria kinerja dan 22 indikator.

3. Pengukuran aksi siswa dilakukan secara individu sebelum dan sesudah dilaksanakannya pembelajaran, dengan menggunakan kuesioner yang terintegrasi dengan ESD *learning goals* berdasarkan hasil adaptasi dan modifikasi dari penelitian Hadjichambis & Paraskeva-Hadjichambi (2020) yang terdiri dari empat indikator yaitu aksi masa lalu, masa sekarang, masa depan dan capaian kompetensi.
4. Penelitian ini dilakukan di salah satu Sekolah Menengah Atas di Kabupaten Bandung, kelas yang diambil dalam penelitian yaitu kelas X pada materi perubahan lingkungan.

1.6 Asumsi Penelitian

Berikut ini merupakan asumsi yang menjadi dasar dari penelitian yang dilakukan yaitu pembelajaran proyek STEM-ESD terkait *Affordable and Clean Energy* melibatkan siswa dalam mengeksplorasi permasalahan nyata di lingkungannya agar mendorong siswa memahami isu-isu keberlanjutan sehingga dapat menerapkan tindakan nyata dalam kegiatan sehari-hari.

1.7 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan asumsi yang telah diuraikan, peneliti merumuskan hipotesis yaitu: “Terjadi peningkatan aksi siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD terkait *Affordable and Clean Energy*.”

1.8 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada pembelajaran proyek STEM-ESD terkait *Affordable and Clean Energy* yang mencakup pengukuran terhadap keterampilan rekayasa dan aksi siswa. Tujuan penelitian ini yaitu untuk memperoleh informasi mengenai keterampilan rekayasa dan aksi siswa setelah pembelajaran proyek dengan menggunakan pembelajaran STEM-ESD. Analisis data yang dilakukan yaitu dengan menghitung skor keterampilan rekayasa siswa pada setiap

indikatornya yang didapat dari hasil jawaban LKPD serta selama proses pembelajaran. Kemudian dilakukan perhitungan *N-Gain* untuk memperoleh hasil peningkatan aksi siswa. Dengan adanya penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat memberikan gambaran kepada pembaca terkait dari pembelajaran proyek STEM-ESD yang dilakukan.