

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, banyak sekali masalah yang sering dijumpai terkait permasalahan kerusakan lingkungan yang berasal dari limbah rumah tangga. Limbah ini merupakan hasil sisa buangan dari berbagai aktivitas manusia sehari-hari. Sekian banyak aktivitas yang dilakukan oleh manusia, yang paling berbahaya bagi lingkungan adalah timbulnya pembuangan limbah yang berasal dari aktivitas rumah tangga sehingga semakin lama tertimbun di tempat pembuangan sampah (Kahfi, 2017). Limbah rumah tangga ini terdiri dari sampah organik maupun anorganik. Selain itu, limbah yang berasal dari aktivitas pasar pun jika jumlahnya semakin meningkat, maka akan berdampak negatif bagi lingkungan di sekitar masyarakat seperti sekolah maupun rumah sakit. Semakin banyak sampah yang tertimbun, maka akan berdampak bagi lingkungan sekitar. Faktor penyebab bagi lingkungan yang sangat signifikan yaitu adanya pertumbuhan populasi manusia dan pola gaya hidup yang semakin meningkat. Manusia yang tidak bertanggung jawab juga akan mengakibatkan tingginya jumlah konsumsi dan produksi yang dapat terjadinya peningkatan jumlah sampah organik maupun anorganik di lingkungan (Kopecká *et al.*, 2024).

Maraknya limbah rumah tangga berupa limbah organik seperti sisa makanan contohnya limbah nasi dan kulit pisang yang menumpuk di tempat pembuangan sampah, mengakibatkan pencemaran lingkungan, perubahan iklim hingga dapat terganggunya kesehatan manusia. Menurut laporan data *International Energy Agency* (IEA) menyatakan, bahwa Indonesia merupakan negara salah satu dari 10 negara penghasil terbesar emisi gas metana antropogenik di dunia yang bersumber dari sampah organik. Oleh karena itu, kurangnya kesadaran dan rendahnya kepedulian masyarakat terhadap tumpukan sampah terutama pada limbah organik sangat berdampak negatif bagi lingkungan sekitar. Maka dari itu sebagai generasi

muda, siswa-siswi di sekolah dapat dilatih untuk bagaimana cara mengelola limbah sehingga dapat menciptakan suatu teknologi sederhana atau produk yang dapat mengurangi limbah rumah tangga di sekitar lingkungan mereka. Pada dasarnya limbah organik maupun anorganik dapat diolah, dikelola dan juga dijadikan suatu produk untuk mengurangi limbah (Ardiansyah *et al.*, 2022).

Salah satu bentuk upaya kesadaran, peduli dan kontribusi terhadap lingkungan dalam menangani sampah atau sisa makanan yaitu dengan membatasi penggunaan dan mengurangi limbah organik dengan cara yang bertanggung jawab serta melalui ide kreatif yang dimiliki siswa dapat mengolah sampah menjadi suatu produk yang bermanfaat untuk menciptakan suatu lingkungan hidup yang berkelanjutan. Bentuk upaya dalam pengelolaan sampah untuk mencapai lingkungan hidup yang berkelanjutan dengan meminimalisasi produksi limbah diantaranya seperti mengurangi penggunaan yang berlebihan, mendaur ulang serta penggunaan kembali yang dapat dimanfaatkan (Kahfi, 2017). Dengan hal ini, siswa dibimbing dan dilatih untuk bisa merancang/menyusun strategi dan praktik produksi serta konsumsi yang bertanggung jawab dan berkelanjutan. Pengolahan limbah organik dapat dikelola dan dikembangkan melalui teknologi sederhana dirasa mampu memecahkan permasalahan lingkungan dan solusi demi terciptanya tujuan pembangunan berkelanjutan yang sesuai dengan prinsip *Sustainable Development Goals* (SDGs) 12 yaitu *Responsible Consumption and Production* (Suwanto *et al.*, 2021).

Dengan adanya tujuan pembangunan berkelanjutan pada poin SDGs 12 *Responsible Consumption and Production*, terdapat tujuan pembelajaran tersebut di dalamnya siswa mampu mengimplementasikan salah satu kegiatan atau aktivitas terkait pengolahan limbah organik untuk mengatasi permasalahan lingkungan. Menurut Organisasi Pangan dan Pertanian, ton sampah dihasilkan sebanyak 1,3 miliar setiap tahunnya dari sepertiga jumlah makanan yang diproduksi dan dikonsumsi oleh manusia setiap harinya. Sampah tersebut meliputi sisa makanan, seperti sisa sayuran, daging, kulit buah, nasi dan lain sebagainya (Susmiati, 2018).

Dengan hal tersebut limbah organik ini perlu penanganan secara serius dan efektif agar tidak memberikan dampak yang lebih buruk terhadap lingkungan sekitar, sehingga limbah organik ini dapat dikonversi untuk dijadikan suatu energi alternatif yang ramah lingkungan seperti contohnya bioetanol. Produk alternatif bahan bakar atau yang disebut juga dengan bioetanol, dapat dibuat dan dimanfaatkan dari limbah organik yang terbuang untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan gas metana.

Dengan memanfaatkan limbah organik yang dapat dikonversi menjadi produk bioetanol, siswa dapat merancang dan mengembangkan produk teknologi sederhana hingga menjadi produk bioetanol yang ramah lingkungan. Pengelolaan dan pengolahan limbah organik yang berkualitas dan efektif berperan penting dalam terciptanya lingkungan hidup yang bersih, sehat dan nyaman, sehingga berdampak positif pada sektor ekonomi, sosial, kesehatan dan pendidikan. Khususnya dalam sektor pendidikan, Majelis PBB menegaskan bahwa pada tahun 2030 akan diwujudkan pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan, yang artinya siswa akan memperoleh keterampilan dan pengetahuan yang dibutuhkan untuk menghadapi masa depan yang berkelanjutan (Suwanto *et al.*, 2021). Dengan memiliki pengetahuan keterampilan rekayasa dan aksi terhadap lingkungan, siswa akan dilatih untuk berkontribusi langsung dalam penanganan pengolahan limbah dengan mengembangkan teknologi sederhana yang bervariasi dan inovatif, sehingga mampu mengatasi masalah tersebut. Melalui fenomena yang nyata, siswa akan mampu dan terbiasa mengembangkan ide kreatifnya sebagai bentuk aksi untuk menciptakan suatu produk sebagai solusi dalam merancang desain alat sederhana dengan mengumpulkan informasi sesuai fakta maupun data, sehingga dapat memecahkan masalah di lingkungan sekitarnya (Lin *et al.*, 2021).

Dalam mengatasi permasalahan tersebut, keterampilan rekayasa dan aksi siswa perlu ditanamkan dan dilatih. Keterampilan rekayasa melibatkan siswa dalam pemecahan masalah dengan meningkatkan pengetahuan STEM (*science, technology, engineering and mathematics*) mereka. Pembelajaran STEM ini sangat berkaitan dengan keterampilan rekayasa dan aksi siswa terhadap rasa kepedulian

lingkungan. Pada umumnya siswa diminta untuk bisa mencari solusi yang efektif, namun kenyataannya hal tersebut siswa masih mengalami kesulitan dalam menentukan solusi yang tepat. Hal ini perlu ditingkatkan dalam pembelajaran proyek STEM-ESD yang memunculkan konsep pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan dan memfasilitasi siswa dalam pengembangan keterampilan yang dimilikinya, sehingga siswa memiliki hubungan dengan lingkungan yang nyata dan sifatnya bermakna (Gavari-Starkie *et al.*, 2022).

Melalui pembelajaran STEM siswa akan mendapatkan pengetahuan dan pengalaman belajar sehingga dapat menghasilkan suatu perubahan dalam keterampilan rekayasa mereka (Chiang *et al.*, 2022a). Selain keterampilan rekayasa, siswa perlu memiliki aksi yang nyata dalam pemecahan suatu masalah di lingkungan. Siswa yang mampu menciptakan ide kreatif ini akan memberikan dampak positif untuk mengembangkan dan merancang ide mereka sendiri dalam bentuk suatu produk teknologi yang sederhana (Hanif *et al.*, 2019). Mengembangkan dan merancang suatu produk teknologi untuk mengolah limbah organik rumah tangga merupakan peluang bagi siswa untuk dapat meningkatkan kemampuan berpikir, keterampilan merekayasa dan memberikan pengalaman dalam membangun ide serta aksi siswa secara nyata terhadap kepedulian terhadap lingkungan (Sen *et al.*, 2021).

Kemampuan yang dimiliki oleh siswa di sekolah menengah atas seharusnya lebih banyak meluangkan waktunya untuk menghasilkan ide, merekayasa, menganalisis dan pengambilan keputusan yang optimal dalam memecahkan suatu permasalahan yang ada di lingkungan sekitarnya (Lin *et al.*, 2021). Namun dalam proses pembelajaran di sekolah kebanyakan siswa masih rendah kemampuannya dalam memecahkan masalah yang ada di kehidupannya sehari-hari (McLure *et al.*, 2022). Maka dari itu kemampuan siswa dalam merekayasa dan aksi kepedulian terhadap lingkungan memiliki peran penting dalam proses perancangan dan menentukan desain produk teknologi yang akan dibuat (Xi *et al.*, 2024).

Kemampuan keterampilan rekayasa disebut juga dengan *engineering design process* merupakan suatu keterampilan untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan di masa depan (Berland *et al.*, 2014). Selain itu, implementasi perilaku berkelanjutan pada siswa di lingkungan sekolah masih rendah. Namun, di era globalisasi ini untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan sangat diperlukan adanya aksi kesadaran siswa. Pembangunan berkelanjutan ini merupakan salah satu bentuk upaya untuk menanamkan suatu kemampuan pada generasi di masa depan (Zul Ilham *et al.*, 2021). Seperti yang diketahui bahwa negara Indonesia berada di posisi ke-61 dari 132 negara dalam *Global Innovation Index* (GII) tahun 2023 dengan skor sebesar 30,3. Hal ini pada lembaga ASEAN negara Indonesia berada pada posisi ke-5 di Asia Tenggara, tingkatannya berada di bawah negara Singapura, Filipina dan Malaysia (Wipo, 2023). Salah satu indikator penilaiannya adalah *Knowledge and technology outputs* yang berarti mengukur hasil-hasil inovasi/kebaruan dalam bentuk menciptakan pengetahuan, konsep, teori dan dampak teknologi di suatu negara. Indikator penilaian ini menggambarkan kemampuan yang dimiliki suatu negara dalam menciptakan, menghasilkan dan memanfaatkan inovasi teknologi serta pengetahuan yang berdampak pada kebutuhan masyarakat yang menduduki negara tersebut masih rendah. Hal ini sangat erat kaitannya dengan kemampuan keterampilan rekayasa dalam sektor pendidikan yang harus dilatih dan ditanamkan dalam diri siswa untuk menambah wawasan baru dan mengatasi permasalahan.

Salah satu upaya untuk mengatasi rendahnya kemampuan keterampilan rekayasa dan kurangnya aksi siswa di sekolah, melalui penerapan pembelajaran proyek STEM cocok untuk membimbing siswa dalam menghadapi permasalahan yang nyata sehingga, siswa akan mendapatkan pengalaman belajar yang bermakna dalam teknologi, matematika dan *engineering* (Ramastiwi *et al.*, 2019). Pembelajaran STEM juga dipercaya untuk diterapkan di sekolah sebagai solusi dalam permasalahan keterampilan-keterampilan yang dibutuhkan siswa untuk menghadapi tantangan abad ke-21 (Abdurrahman *et al.*, 2023). Pembelajaran

STEM ini bukan hanya menerapkan keterampilan siswa dalam merekayasa, melainkan pengetahuan untuk memecahkan masalah yang kontekstual dan kemampuan berpikir kritis, melalui aksi siswa yang nyata dalam mengembangkan kebergunaan produk atau teknologi sederhana untuk mengolah limbah organik rumah tangga yang ada di lingkungan sekitarnya. Penerapan STEM-ESD yang terintegrasi pada anak tidak hanya bermanfaat untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi saja, tetapi juga keterampilan desain teknik (Chiang *et al.*, 2022a).

Kemampuan keterampilan rekayasa dalam penerapan pembelajaran STEM-ESD merupakan kegiatan pembelajaran berbasis desain teknik atau proyek. Disisi lain, penggunaan keterampilan rekayasa (*engineering design process*) kurang digunakan dalam pembelajaran sains. Pada penelitian sebelumnya mengatakan bahwa kemampuan keterampilan rekayasa (*engineering design process*) yang diimplementasikan di sekolah menengah masih terbatas (Winarno *et al.*, 2020). Padahal penerapan pembelajaran *engineering design process* perlu dikembangkan untuk merangsang keterlibatan, kolaborasi dan aksi siswa dalam mengeksplorasi dan mencoba mengembangkan berbagai ide dan berpikir kreatif dalam aktivitas seperti mendesain dan membuat proyek sehingga pembelajaran akan jauh lebih bermakna (Atman *et al.*, 2007). Dalam beberapa tahun terakhir, terdapat beberapa pendapat di antara para ahli menyebutkan bahwa pendidikan berbasis teknik mendorong kemajuan pendidikan STEM. Penerapan keterampilan desain teknik pada siswa menciptakan lingkungan dunia nyata, memberikan keterkaitan yang penting antar disiplin ilmu STEM, aksi dan kontribusi, rekayasa, komunikasi, kerja sama antar siswa, serta keterampilan pemecahan masalah terkait isu lingkungan (Xi *et al.*, 2024).

Penelitian sebelumnya juga mengungkapkan bahwa, siswa yang mengikuti pembelajaran STEM yang terintegrasi keterampilan rekayasa dengan melibatkan kolaborasi, akan meningkatkan dan mengembangkan keterampilan serta mengembangkan ide untuk merekayasa proyek yang akan mereka buat

(Abdurrahman *et al.*, 2023). Terkait isu permasalahan lingkungan yaitu limbah organik rumah tangga melalui pembelajaran STEM, siswa harus memiliki pengetahuan terkait strategi dan usaha dalam mewujudkan prinsip SDGs konsumsi dan produksi yang berkelanjutan, siswa mampu memiliki rasa tanggung jawab terhadap dampak lingkungan dan perilaku individu sebagai produsen atau konsumen. Dalam praktiknya strategi pembelajaran STEM dapat dilihat sebagai alat, sebab strategi ini berpotensi memberikan pengalaman belajar yang bermakna dan dapat mengembangkan keterampilan siswa (Sultana *et al.*, 2024).

Untuk menciptakan kehidupan yang berkelanjutan, siswa harus memiliki rasa kepedulian dan tanggung jawab terhadap bagaimana cara mengatasi permasalahan limbah rumah tangga. Melalui pembelajaran proyek STEM-ESD, siswa dapat mengembangkan teknologi sederhana untuk mengolah limbah organik rumah tangga melalui proses pembelajaran proyek *responsible consumption and production* yang memanfaatkan limbah organik rumah tangga sebagai bahan dasar untuk menjadi bioetanol dalam pengelolaan sampah untuk mengurangi tingginya konsumsi dan produksi yang dapat terjadinya peningkatan jumlah sampah di lingkungan. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa melalui pembelajaran STEM, siswa terlibat lebih aktif dalam menjaga lingkungan (Hartati & Hariyono, 2020). Pemanfaatan limbah rumah tangga dapat diterapkan siswa dengan prinsip *reuse* (memanfaatkan kembali), *reduce* (membatasi penggunaan) dan *recycle* (mendaur ulang). Pengolahan limbah organik rumah tangga ini sebagai bentuk upaya untuk mendukung keberlanjutan konsumsi produksi yang bertanggung jawab. Dengan hal ini siswa dapat memiliki kesadaran, sehingga siswa mengalami peningkatan aksi kepedulian terhadap lingkungan sekitarnya. Maka dari itu selain meningkatkan aksi siswa terhadap lingkungan, siswa juga harus membuat proyek atau alat mereka sendiri untuk mengembangkan keterampilan rekayasa dalam pemecahan masalah lingkungan (McLure *et al.*, 2022). Melalui kegiatan pembelajaran STEM dengan penerapan keterampilan rekayasa mampu mengarahkan siswa untuk menganalisis masalah untuk menciptakan dan

mengembangkan solusi optimal melalui desain atau rekayasa yang dimiliki siswa (Abdurrahman *et al.*, 2023).

Kegiatan pembelajaran proyek *responsible consumption and production* dengan penggunaan kemampuan keterampilan rekayasa ini sangat berkaitan dengan aksi siswa di sekolah. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa pembelajaran STEM-ESD yang terintegrasi dengan keterampilan rekayasa berpotensi dalam pengembangan pendidikan yang berkelanjutan, namun masih kurang diimplementasikan pembelajarannya di Indonesia. Sejumlah penelitian sebelumnya juga menyebutkan bahwa implementasi pembelajaran STEM dengan keterampilan rekayasa mampu menjadi salah satu upaya dalam mengembangkan suatu proyek sederhana dan mengarahkan siswa secara optimal pada pembelajaran dengan konteks permasalahan di lingkungan sekitarnya berdasarkan fakta dan data (Abdurrahman *et al.*, 2023). Dalam pembelajaran STEM yang terintegrasi keterampilan rekayasa terdapat proses mendesain, sehingga siswa perlu memahami, mengidentifikasi, menganalisis dan menerapkan prinsip dasar STEM untuk mendesain suatu produk (Zhong *et al.*, 2024). Tahapan atau langkah untuk mendesain produk untuk mengatasi permasalahan lingkungan dengan pembelajaran STEM dengan keterampilan rekayasa memerlukan beberapa tahapan diantaranya mengidentifikasi, merencanakan, membuat, menguji coba, menganalisis kekurangan dan kelebihan, serta mendesain ulang (Arik & Topçu, 2022).

Melalui keterampilan rekayasa yang dimiliki oleh siswa dapat mengatasi permasalahan lingkungan yang berasal dari limbah disekitar sekolah sebagai bentuk aksi yang bertanggung jawab, sehingga pemilihan sekolah yang digunakan lokasinya cukup padat serta banyak pemukiman masyarakat yang mana aktivitas manusia di lingkungan terletak di dekat pasar, sekolah, industri dan rumah sakit. Hal ini dapat mengakibatkan jumlah tumpukan sampah organik maupun anorganik yang semakin tinggi. Pemicu masalah yang terjadi adalah permasalahan limbah organik yang dihasilkan dari aktivitas manusia di lingkungan pasar dan sekitar rumah siswa yang tidak dikelola dengan baik. Di lingkungan tersebut, jika terus

menerus terjadi penumpukan sampah organik maka akan mengakibatkan bau busuk dan merusak kelestarian di lingkungan masyarakat. Oleh karena itu, agar siswa belajar mengelola limbah dengan cara yang baik dan mengurangi sampah organik yang terbuang begitu saja di lingkungan rumah mereka, maka siswa membuat teknologi sederhana untuk mengatasi permasalahan limbah organik yang terbuang begitu saja dengan memanfaatkan dan mencengah sisa makanan yang terbuang yaitu dengan membuat teknologi sederhana untuk menghasilkan produk bioetanol.

Dalam pembelajaran di sekolah, terdapat capaian pembelajaran yang membahas bab tentang perubahan lingkungan kelas X. Sub topik yang berhubungan dengan penelitian ini yaitu siswa memiliki kemampuan menciptakan solusi optimal dari permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional atau global terkait pemahaman konsep perubahan lingkungan yang terdapat pada fase E. Hal ini siswa diberikan kesempatan memiliki kemampuan untuk menyelesaikan berupa solusi terkait pencemaran lingkungan yang berasal dari limbah rumah tangga. Upaya tersebut dilakukan untuk mencapai (SDGs) tujuan pembangunan berkelanjutan terutama pada poin 12 yaitu *responsible consumption and production* melalui keterampilan proses diantaranya rekayasa dan aksi atau tindakan siswa terhadap lingkungan di sekitarnya.

Dari beberapa uraian diatas, tentang permasalahan limbah organik rumah tangga yang semakin menumpuk di lingkungan sekitar, dan pola gaya hidup yang semakin meningkat sehingga mengakibatkan tingginya konsumsi dan produksi sehingga dapat terjadinya peningkatan jumlah timbulan sampah di lingkungan serta rendahnya keterampilan rekayasa dan aksi siswa dalam kesadaran terhadap lingkungan, maka penelitian ini akan berfokus pada pengolahan limbah organik rumah tangga berupa pengembangan produk atau proyek berupa alat sederhana untuk menangani limbah organik rumah tangga melalui kegiatan pembelajaran proyek STEM-ESD terkait SDGs *responsible consumption and production* melalui penerapan kemampuan keterampilan rekayasa (*engineering design process*) siswa. Dari proyek atau teknologi sederhana yang dibuat oleh siswa tersebut, dapat

memunculkan dan terciptanya kemampuan keterampilan rekayasa dan meningkatkan aksi siswa di sekolah dengan memanfaatkan dan mengolah limbah menjadi sebuah produk pengembangan limbah organik rumah tangga dalam mencapai keberhasilan SDGs nomor 12 mengenai konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab. Maka penelitian ini berjudul “Pembelajaran Proyek STEM-ESD dengan Teknologi Pengolahan Limbah Organik menjadi Bioetanol terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa di SMA”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, permasalahan yang dirumuskan yaitu : “Bagaimana keterampilan rekayasa dan peningkatan aksi siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol?”

Adapun pertanyaan penelitian yang menjabarkan rumusan masalah diatas yaitu

1. Bagaimana keterampilan rekayasa siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol?
2. Bagaimana peningkatan aksi siswa setelah pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi terkait pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol dapat memunculkan keterampilan rekayasa dan peningkatan aksi siswa di SMA. Tujuan dari penelitian tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Mendapatkan informasi terkait keterampilan rekayasa siswa setelah mengikuti pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol.
2. Mendapatkan informasi terkait peningkatan aksi siswa setelah mengikuti pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dan kegunaan dari ketercapaian penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan tambahan pengetahuan, pemahaman dan pengalaman baru mengenai keterampilan rekayasa dan aksi siswa di sekolah dalam pembelajaran proyek STEM-ESD terkait SDGs ke-12 yaitu *responsible consumption and production*.
2. Siswa mendapatkan wawasan dan pengalaman baru, sehingga melalui pembelajaran proyek STEM-ESD sehingga dapat memunculkan kemampuan keterampilan rekayasa dan peningkatan aksi nyata di lingkungan sekitarnya terkait teknologi sederhana untuk pengolahan limbah organik rumah tangga menjadi bioetanol sebagai bentuk kesadaran mengenai masalah lingkungan dari perilaku konsumsi yang berlebihan, sehingga siswa dapat memilih solusi, menemukan cara, menuangkan ide, merencanakan dan membuat teknologi sederhana untuk tercapainya SDGs ke-12 yaitu konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini bertujuan agar penelitian ini dapat lebih terarah yang sudah dijabarkan sebagai berikut:

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pembelajaran proyek STEM-ESD yang berfokus pada pembuatan teknologi sederhana dalam pengolahan limbah organik menjadi bioetanol pada topik ini terkait dengan prinsip SDGs ke-12 yaitu konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, dengan bab materi perubahan lingkungan kelas X. Pengolahan limbah organik rumah tangga ini dihasilkan dari sisa makanan seperti limbah nasi dan kulit pisang.
2. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu variabel keterampilan rekayasa diukur secara berkelompok berdasarkan proses selama pembelajaran proyek STEM-ESD dengan membuat teknologi sederhana berupa alat destilasi pembuat bioetanol dan hasil jawaban LKPD siswa. Sedangkan aksi siswa

diukur secara individu melalui kuesioner terkait SDGs *responsible consumption and production* dengan dimensi tindakan masa lalu, masa sekarang, masa depan dan capaian kompetensi yang diberikan pada saat *pretest* dan *posttest*.

3. Untuk rubrik penilaian berskala likert-4 poin keterampilan rekayasa diadaptasi dan dimodifikasi dari penelitian (Jin, 2015), dengan kriteria kinerja skala yang diukur diantaranya pengenalan masalah, mendefinisikan masalah, menghasilkan ide, memilih solusi optimal, meningkatkan solusi, presentasi dan laporan serta manajemen proses desain. Variabel keterampilan rekayasa diukur berdasarkan aktivitas atau kegiatan siswa selama proses pembelajaran proyek STEM-ESD dengan membuat teknologi sederhana berupa alat destilasi pembuat bioetanol dan hasil jawaban siswa secara berkelompok pada Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).
4. Untuk mengukur aksi siswa yang terintegrasi dengan *ESD Learning goals*, menggunakan kuesioner dan wawancara. Untuk kuesioner diadaptasi dari penelitian (Hadjichambis & Paraskeva-Hadjichambi, 2020) yang terdiri dari capaian kompetensi dan tiga dimensi diantaranya tindakan masa lalu, tindakan masa sekarang, dan tindakan masa depan. Untuk kuesioner diberi pada saat *pretest* (sebelum pembelajaran) dan pada saat *posttest* (pembelajaran pada pertemuan terakhir). Sedangkan untuk observasi wawancara dilakukan untuk mengetahui aksi siswa selama proses pembelajaran dengan penerapan pembelajaran proyek STEM-ESD yang dilakukan oleh guru kepada beberapa sampel siswa.
5. Aktivitas yang dilakukan oleh siswa dalam melakukan pembelajaran proyek STEM-ESD hanya dilakukan pada lingkungan sekitar rumah dan sekolah saja sehingga siswa mampu mengatasi permasalahan lingkungan yang nyata dengan membuat suatu teknologi sederhana terutama dalam mengolah limbah organik yang berasal dari limbah nasi dan kulit pisang, sehingga menjadi

produk bioetanol yang ramah lingkungan sebagai solusi dari ketercapaian SDGs konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.

1.6 Asumsi Penelitian

Adapun asumsi dari penelitian ini yang menjadi dasar penelitian diuraikan sebagai berikut:

1. Melalui pembelajaran proyek STEM-ESD siswa diberikan kesempatan untuk menuangkan pemikiran ide kreatif dan mendorong keterampilan rekayasa yang dimilikinya sebagai bentuk aksi untuk membuat suatu produk teknologi sederhana dengan merancang desain, membuat prototipe alat, menguji coba dan melakukan perbaikan desain untuk dapat memecahkan masalah di lingkungan sekitarnya. Sehingga dibutuhkan kemampuan keterampilan rekayasa (*engineering design process*) dan aksi siswa yang semakin meningkat.
2. Melalui aktivitas pembelajaran proyek STEM-ESD, suatu kegiatan pembelajaran berbasis proyek *responsible consumption and production* yang dimana siswa dapat membuat dan mengembangkan teknologi sederhana dengan memanfaatkan limbah menjadi produk bioetanol untuk mengurangi tingginya peningkatan jumlah sampah di lingkungan sekitar. Dengan hal ini siswa akan melakukan dan mendorong keterampilan rekayasa yang dimilikinya dan aksi berkelanjutan terhadap upaya untuk mengatasi masalah lingkungan yang berasal dari limbah organik rumah tangga maupun di lingkungan sekitar sekolah.

1.7 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan dari penelitian ini, berikut hipotesis yang diajukan yaitu

1. Pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol terjadi peningkatan aksi siswa di SMA.

1.8 Struktur Organisasi Skripsi

Judul dalam penelitian ini adalah “Pembelajaran Proyek STEM-ESD dengan Teknologi Pengolahan Limbah Organik menjadi Bioetanol terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa Di SMA” Seluruh rangkaian kegiatan dalam penelitian

ini dilaporkan dan dipertanggungjawabkan berupa skripsi, yang ditulis dan disusun berdasarkan Pedoman Penulisan Karya Tulis Ilmiah UPI tahun 2024. Berikut struktur organisasi skripsi :

1. Bab I Pendahuluan, yaitu bagian awal yang menjelaskan mengenai isi penelitian yang dilakukan sesuai dengan judul dan isu permasalahan yang diambil yaitu mengenai permasalahan limbah organik yang dapat mencemari lingkungan akibat dari konsumsi dan produksi yang tidak bertanggung jawab, keterampilan rekayasa dan aksi siswa, serta pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol. Pada bagian ini mencakup rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, asumsi penelitian, hipotesis penelitian dan struktur organisasi penelitian.
2. Bab II Kajian Pustaka, yaitu bagian kedua yang menjelaskan mengenai topik yang diambil dari penelitian ini. Bagian ini terdiri dari teori dan konsep serta penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan tema dari penelitian. Teori dan konsep ini berkaitan dengan variabel bebas dan variabel terikat yaitu pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol, keterampilan rekayasa siswa dan aksi siswa.
3. Bab III Metode Penelitian, bagian ketiga yang menjelaskan mengenai teknis pelaksanaan penelitian mulai dari sebelum dan sesudah penelitian yang dilakukan. Bagian ini terdiri dari metode penelitian, desain penelitian, sampel penelitian, definisi operasional yang mencakup alur penelitian yang dilakukan, variabel bebas dan variabel terikat, penjelasan mengenai instrumen keterampilan rekayasa dan aksi siswa. Selain itu pada bagian ini terdapat prosedur penelitian dan penjabaran mengenai analisis data.
4. Bab IV Hasil atau Temuan dan Pembahasan, bagian keempat ini menjelaskan dan membahas mengenai hasil penelitian berdasarkan data yang sudah diolah dan dianalisis sesuai dengan rumusan masalah yang sudah dijabarkan sebelumnya. Data yang sudah diolah kemudian dituangkan dalam tabel, grafik

dan diagram sesuai dengan variabel pada penelitian ini. Serta membahas mengenai interpretasi dan pembahasan mengenai hasil pengolahan data yang sudah dilakukan, kemudian dielaborasikan dengan berbagai penelitian terdahulu yang didukung dengan studi literatur. Pada bagian ini terdapat dua sub bab diantaranya peningkatan pembelajaran proyek STEM-ESD terhadap keterampilan rekayasa serta peningkatan pembelajaran proyek STEM-ESD terhadap aksi siswa.

5. Bab V Simpulan, Implikasi dan Rekomendasi, bagian keenam ini membahas mengenai informasi yang dapat disimpulkan dari penelitian yang sudah dilakukan serta memberikan saran kepada peneliti selanjutnya untuk meneliti hal yang serupa agar dapat mendukung beberapa hasil penelitian yang sudah dilakukan.