

## **BAB V**

### **SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol dapat memunculkan keterampilan rekayasa yang baik pada siswa SMA. Hasil tersebut menunjukkan bahwa melalui pembelajaran proyek STEM-ESD, siswa secara berkelompok mampu membuat produk akhir berupa teknologi sederhana yaitu prototipe alat destilasi dengan baik dan mampu menguji coba keefektivitasan dari alat yang sudah dibuat sehingga berhasil memperoleh cairan bioetanol dengan pH yang sesuai dan mengandung adanya etanol. Namun beberapa komponen perangkat masih belum dikatakan optimal, hal ini karena terdapat beberapa fitur yang mengalami kendala teknis dan logis sehingga perlu adanya perbaikan. Setiap indikator dalam kriteria kinerja keterampilan rekayasa sebagian dapat terpenuhi dengan cukup baik oleh beberapa kelompok. Khususnya pada fase masalah dan manajemen proses desain, hampir seluruh kelompok mampu mengikuti tahapan perumusan masalah dan manajemen proses. Namun pada fase solusi khususnya pada kriteria kinerja memilih solusi optimal dengan mempertimbangkan fungsionalitas dan orisinalitas belum cukup optimal. Selain itu fase implementasi pada kriteria kinerja meningkatkan solusi dengan memperkirakan keuntungan dari alat masih tergolong sangat rendah dibandingkan dengan indikator lainnya.

Adapun faktor yang dapat menghambat keterampilan rekayasa diantaranya pengalaman belajar siswa yang meliputi analisis masalah yang nyata, memilih solusi optimal dan kemampuan dalam merancang desain teknologi. Selain itu faktor pemahaman, kemampuan berpikir tingkat tinggi, mampu mengembangkan kreativitas melalui berbagai ide maupun solusi, motivasi, minat dan kolaborasi dengan aktif antar anggota kelompok menjadi poin utama menciptakan suatu desain teknologi dengan kualitas yang tinggi. Faktor lainnya yang mempengaruhi

keterampilan rekayasa siswa yaitu selama proses pembelajaran proyek STEM-ESD terdapat kelompok yang terlihat sangat pasif dan kurang bersosialisasi sehingga mereka kesulitan untuk menyelesaikan proyek ini pada setiap tahapannya. Pada penelitian ini memiliki rentang waktu yang cukup sebentar dan terbatas, sehingga siswa kesulitan mulai dari membangun ide sampai dengan menyelesaikan proyek membutuhkan waktu yang lama yang akibatnya siswa harus meluangkan waktu diluar jam. Kemudian siswa kesulitan dalam membagi waktu ketika terdapat tugas yang diberikan dan dikumpulkan dalam waktu dekat dari mata pelajaran lain serta hampir seluruh siswa belum mengenal dan baru mengetahui teknologi sederhana untuk membuat produk bioetanol.

Pembelajaran proyek STEM-ESD dapat meningkatkan aksi siswa SMA. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat peningkatan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* secara keseluruhan pada tindakan masa dan capaian kompetensi walaupun hanya sedikit peningkatannya. Selain itu, pembelajaran proyek STEM-ESD menghasilkan perubahan nilai aksi siswa yang dilihat dari nilai *posttest*, kemudian dibandingkan pada setiap tindakan masa. Selanjutnya pada hasil nilai *N-Gain* untuk mengetahui kategori siswa dan pembelajaran yang telah dilakukan. Namun berdasarkan hasil tersebut pembelajaran yang telah dilakukan masih rendah untuk meningkatkan aksi siswa, hal ini dipengaruhi oleh siswa yang belum mengetahui sebelumnya mengenai konsep SDGs, pengalaman yang pernah dialami, kesadaran dan perilaku seseorang membutuhkan waktu yang lama untuk terbiasa melakukan hal-hal yang berkelanjutan, adanya kebiasaan budaya serta siswa yang belum menyadari urgensi dari kepedulian terhadap SDGs *responsible consumption and production*.

## 5.2 Implikasi

Pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol dapat memunculkan keterampilan rekayasa dan peningkatan yang positif pada aksi siswa SMA. Melalui pembelajaran proyek STEM mampu berimplikasi pada pengetahuan dan pengalaman belajar sehingga

dapat menghasilkan suatu perubahan dalam keterampilan rekayasa yang dimiliki oleh siswa. Selain keterampilan rekayasa, pembelajaran proyek STEM-ESD menjadi strategi untuk peningkatan aksi siswa yang nyata dalam pemecahan suatu masalah di lingkungan. Sehingga siswa akan memiliki ide kreatif dan memberikan dampak positif untuk mengembangkan dan merancang ide mereka sendiri untuk menciptakan suatu produk teknologi yang sederhana, untuk menyelesaikan permasalahan lingkungan.

### **5.3 Saran**

1. Penelitian ini menggunakan pembelajaran proyek STEM-ESD sebaiknya dilakukan dengan waktu yang lebih lama, agar melalui keterampilan rekayasa siswa dapat menyelesaikan proyek dengan maksimal serta hasil perancangan desain teknologi sederhana yang dibuat beroperasi dengan optimal dan sesuai dengan kebergunaannya. Selain itu pada tahapan perancangan desain, sebaiknya setiap kelompok mempresentasikan hasil ide yang sudah didiskusikan dan menentukan solusi yang dipilih. Hal ini bertujuan agar seluruh kelompok dapat mengevaluasi solusi terbaik yang akan dipilih.
2. Pada tahap pembuatan dan pengujian sebaiknya dilakukan pada waktu jam pelajaran, agar keterlibatan dan kontribusi siswa dengan aktif pada setiap kelompoknya serta guru dapat mengetahui dan menilai setiap proses dalam perancangan teknologi sederhana dengan keterampilan rekayasa yang dimiliki oleh siswa. Pada tahap perumusan masalah dan pikir dalam pembelajaran STEM, terdapat salah satu aktivitas yang dilakukan oleh siswa yaitu menganalisis kekurangan dari teknologi sederhana yang sudah ada.
3. Namun pada indikator ini kurang maksimal sehingga siswa kesulitan dalam menganalisis kekurangan alat tersebut jika hanya melihat dari video. Sebaiknya penelitian selanjutnya guru membawa atau menggunakan alat asli ke dalam kelas. Penelitian selanjutnya akan lebih baik jika pada tahapan perbaikan desain, setiap kelompok siswa setelah melakukan uji coba alat dan dianalisis kekurangannya sebaiknya pada komponen perangkat yang diperbaiki agar siswa

mampu memprediksi solusi yang lebih efektif, sehingga tidak hanya desain gambar alat yang diperbaiki.

4. Variabel keterampilan rekayasa sebaiknya diukur secara individu untuk mengetahui proses dan hasil belajar siswa berdasarkan kategori atau level dalam keterampilan rekayasa. Sampel yang digunakan sebaiknya tertuju pada siswa yang memiliki bakat, minat dan tertarik terhadap rekayasa maupun *engineering*. Hal ini agar dapat mengetahui dan mengukur tingkat level keterampilan rekayasa yang dimiliki oleh siswa. Selanjutnya pada penelitian ini tidak dilakukan pengujian awal keterampilan rekayasa siswa, sehingga tidak dapat melihat bagaimana peningkatan keterampilan rekayasa sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran proyek STEM-ESD.
5. Variabel aksi sebaiknya diukur peningkatannya tidak hanya menggunakan kuesioner, melainkan siswa membuat seperti *logbook* jurnal kegiatan atau aktivitas yang sudah dilakukan sebagai bentuk wujud nyata aksi berkelanjutan. Hal ini dilakukan agar dapat memberikan motivasi dan stimulus siswa untuk melakukan kegiatan yang berkelanjutan, munculnya sikap peduli dan mampu menerapkan pengetahuan yang dimiliki dengan karakter yang positif pada siswa di sekolah.
6. Pada teknologi sederhana yang dibuat oleh siswa setiap kelompoknya, sebaiknya ketika sudah berhasil memperoleh cairan bioetanol dilanjutkan dengan uji kuantitatif agar kualitas etanol yang teridentifikasi sesuai dengan standar. Kemudian setiap kelompoknya sebaiknya memanfaatkan kembali cairan bioetanol yang diperoleh dengan membuat suatu produk baru yang lebih bermanfaat seperti *hand sanitizer* atau parfum, hal ini dibuat sebagai aksi wujud nyata dalam prinsip berkelanjutan.