

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman sumber gula yang sangat penting dalam industri pertanian, terutama di negara-negara tropis dan subtropis. Indonesia merupakan negara penghasil gula. Menurut data Badan Pusat Statistik Nasional, produksi gula Indonesia pada tahun 2021 sebesar 2,42 juta ton. Meningkatnya produksi gula di Indonesia menyebabkan peningkatan terhadap jumlah limbah yang dihasilkan. Industri gula di Indonesia mengalami peningkatan produksi yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini, tentu saja, membawa dampak positif bagi perekonomian negara. Namun, di balik lonjakan produksi tersebut, terdapat konsekuensi yang perlu dipertimbangkan, yaitu meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan. Data menunjukkan bahwa industri gula menghasilkan berbagai jenis limbah, dengan *bagasse* tebu menjadi yang terbanyak, mencapai 32% dari total limbah. Limbah lain seperti tetes (4%), blotong (2-3%), dan abu ketel (0,3%) juga turut menyumbang terhadap beban lingkungan (Firmansyah *et.al* 2023). Jumlah ini setara dengan jutaan ton limbah yang dihasilkan setiap tahunnya, yang berpotensi menimbulkan masalah lingkungan jika tidak dikelola dengan baik.

Proses pengolahan tebu menghasilkan limbah yang disebut *bagasse*, yang merupakan serat yang tersisa setelah tebu diproses untuk menghasilkan gula (Siregar & Simamora 2020). *Bagasse* adalah salah satu sumber limbah agroindustri yang dapat dimanfaatkan untuk penghasil energi terbarukan, produksi biofuel, kompos dan campuran bahan kertas (Anisa, *et.al* 2024). Namun, pemanfaatan ini masih dianggap belum optimal, sehingga masih banyak *bagasse* tebu yang tersimpan, dan dalam beberapa kondisi tertentu, *bagasse* tersebut bahkan dapat terbakar karena kandungan zat di dalamnya, hal ini mengindikasikan bahwa nilai manfaat ampas tebu masih dinilai rendah.

Ampas tebu atau *bagasse*, yang dihasilkan dari tahap awal pembuatan gula, merupakan limbah dari tanaman tebu yang memiliki komponen lignin dan selulosa karena sifatnya sebagai tanaman lignoselulosa. *Bagasse* adalah produk sampingan dari proses pembuatan gula tebu yang berisi residu serat. Umumnya, serat *bagasse* mengandung polisakarida, dengan komposisi sekitar 50-55% selulosa, 15-20% hemiselulosa, dan lignin sekitar 20-30%, sementara sisanya disebut senyawa abu (Harmayani *et al.* 2021).

Salah satu pendekatan inovatif untuk mengatasi permasalahan limbah organik dengan menggunakan biokonversi, yaitu proses pengolahan sampah organik menjadi produk bernilai tinggi dengan menggunakan mikroorganisme seperti jamur, ragi, bakteri, dan larva. Salah satu metode biokonversi melibatkan penggunaan larva, seperti *Black Soldier Fly* (BSF), yang mampu mengubah nutrisi dari sampah organik menjadi biomassa yang berguna. *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan spesies lalat yang dapat mendegradasi sampah organik dengan memanfaatkan larvanya. Larva *Black Soldier Fly* (BSF) mengekstrak energi dan

nutrisi dari sampah organik untuk digunakan sebagai makanan mereka sendiri. Proses ini tidak hanya membantu dalam mengolah sampah organik menjadi produk bernilai tinggi tetapi juga merupakan cara yang efisien untuk mengelola limbah organik secara ekologis (Wakidah 2022). Penggunaan larva *Black Soldier Fly* (BSF) dalam biokonversi sampah organik tidak hanya membantu mengurangi volume sampah, tetapi juga menciptakan produk sampingan yang bernilai tinggi, seperti pupa *Black Soldier Fly* (BSF) yang dapat digunakan sebagai pakan ternak atau sumber bahan baku untuk industri pakan hewan. Pendekatan ini tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga memiliki potensi untuk memberikan nilai tambah pada manajemen sampah dan pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan (Fitriyah *et.al* 2022).

Larva *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan jenis serangga yang memiliki potensi untuk diolah menjadi pakan ternak. Namun, larva *Black Soldier Fly* (BSF) memiliki keterbatasan dalam mencerna bahan pakan yang mengandung lignin dan selulosa tinggi. Hal ini disebabkan karena larva *Black Soldier Fly* (BSF) tidak memiliki enzim pendegradasi lignin dalam saluran pencernaannya. Keterbatasan ini dapat diatasi dengan melakukan *pre-treatment* pada substrat, baik secara fisik, kimia, maupun biologis. *Pre-treatment* secara biologis dengan fermentasi substrat merupakan pilihan yang mudah dan efektif. Fermentasi substrat dapat meningkatkan kandungan protein dan mengurangi anti-nutrisi, sehingga meningkatkan kualitas pakan ternak dan meningkatkan daya cerna BSF (Peguero *et al.* 2022). Fermentasi bertujuan untuk menyederhanakan bahan pakan yang sulit dicerna menjadi bahan yang lebih mudah dicerna oleh larva *Black Soldier Fly* (BSF). Salah satu metode fermentasi yang umum digunakan adalah dengan

menggunakan EM4 (*Effective Microorganism-4*). EM4 adalah campuran kultur yang mengandung berbagai mikroorganisme bermanfaat, seperti bakteri fermentasi dari genus *Lactobacillus*, bakteri pelarut fosfat, *Actinomyces*, bakteri fotosintetik, jamur fermentasi, dan ragi/yeast. Campuran mikroorganisme ini bekerja secara sinergis (saling menunjang) untuk memfermentasi bahan organik dan mengubahnya menjadi gula, alkohol, dan asam amino. EM4 memiliki kemampuan untuk mendegradasi kandungan serat kasar dan lignin karena menghasilkan enzim selulase dan *ligninase* yang diproduksi oleh mikroba di dalamnya, terutama bakteri *Lactobacillus* dan *Actinomyces* (Meidita1 *et al.*2023).

Penelitian terdahulu (Eka *et.al* 2024) telah menunjukkan bahwa fermentasi dapat meningkatkan nilai nutrisi dan pencernaan, sehingga meningkatkan tingkat keberhasilan hidup (*Survival Rate*) larva BSF. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi dapat meningkatkan kualitas substrat dan menciptakan lingkungan yang lebih kondusif bagi perkembangan larva BSF. Melangkah lebih lanjut, penelitian ini memperluas cakupan penelitian dengan menggunakan *bagasse* tebu sebagai substrat alternatif dan mengukur parameter penting seperti biomassa larva, konsumsi substrat, dan indeks reduksi limbah.

Durasi fermentasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah 7 dan 14 hari. Alasan memilih durasi tersebut adalah Durasi fermentasi yang lebih lama (14 hari) umumnya menghasilkan tingkat fermentasi yang lebih tinggi, yang berarti dekomposisi bahan organik dan konversi nutrisi menjadi lebih optimal. Hal ini dapat meningkatkan kualitas pakan ternak BSF dan berdampak positif pada pertumbuhan dan perkembangan larva. Di sisi lain, fermentasi 7 hari dianggap

sebagai durasi minimum yang cukup untuk menghasilkan efek yang signifikan dalam meningkatkan kualitas substrat. Durasi ini lebih singkat dan memungkinkan untuk menyelesaikan penelitian dalam waktu yang lebih efisien (Wibowo *et.al* 2019)

Pemanfaatan limbah *bagasse* tebu untuk menjadi pakan bagi larva *Black Soldier Fly* (BSF) melalui proses fermentasi adalah salah satu contoh konkrit dari upaya berkelanjutan dalam mengatasi permasalahan lingkungan. Masalah perubahan lingkungan saat ini merupakan tanggung jawab bersama yang harus dipahami oleh masyarakat, dan penting untuk membentuk kesadaran akan sensitivitas terhadap perubahan lingkungan di kalangan peserta didik, terutama di lingkungan sekolah. Dalam konteks kurikulum pendidikan di SMA, terutama dengan penerapan kurikulum merdeka, siswa diharapkan dapat berperan aktif dalam memberikan solusi terhadap permasalahan yang ada di sekitar mereka. Oleh karena itu, menghadirkan isu-isu lingkungan sebagai bagian integral dari kurikulum pendidikan menjadi sangat penting. Salah satu contohnya adalah persoalan terkait dengan limbah agroindustri. Kurikulum merdeka menuntut capaian pembelajaran khususnya pada akhir fase E, yaitu peserta didik diharapkan memiliki kemampuan responsif terhadap isu-isu global dan berperan aktif dalam memberikan penyelesaian masalah.

Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk memahami konsep ilmiah biokonversi dan pengelolaan limbah melalui contoh konkret yang relevan dengan kehidupan sehari-hari mereka. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan ekoliterasi siswa dan menumbuhkan kesadaran mereka tentang pentingnya menjaga kelestarian lingkungan. E-LKPD yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat

menjadi sumber belajar biologi yang inovatif dan menarik, membantu siswa dalam memahami konsep biologi secara lebih mendalam dan memotivasi mereka untuk terlibat aktif dalam proyek-proyek praktis yang mempertegas aplikasi konsep-konsep tersebut. Ekoliterasi merupakan kesadaran dalam pengambilan keputusan dan informasi untuk mengarahkan tindakan yang berkontribusi pada penyelesaian masalah lingkungan. Definisi ekoliterasi secara implisit menunjukkan bahwa ekoliterasi terdiri dari tiga aspek utama, yaitu pengetahuan (*knowledge*), kepedulian (*concern*), dan perilaku (*attitude*) (Faiqoh *et.al* 2019).

Berdasarkan analisis kebutuhan yang dilakukan melalui wawancara dengan guru biologi dan survei dengan menyebarkan angket kepada siswa di SMA Negeri 3 Jember, terungkap bahwa guru biologi telah mengembangkan materi ajar sendiri. Namun, kendala yang dihadapi adalah keterbatasan dalam penyampaian konsep atau wawasan baru. Guru sepakat dengan adanya pengembangan sumber belajar berupa Elektronik-Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) pada topik pembelajaran perubahan lingkungan dengan fokus pada permasalahan limbah agroindustri. Hal ini dianggap sebagai inovasi yang menarik dan belum banyak diajarkan kepada peserta didik. Hasil survei menggunakan angket juga mengungkapkan bahwa siswa masih kurang familiar dengan limbah agroindustri. Mayoritas guru hanya membawa sampah organik yang ada di sekitar saat pembelajaran perubahan lingkungan di kelas. Padahal di Kota Jember, yang memiliki banyak kawasan agroindustri, terdapat berbagai jenis limbah yang perlu diperkenalkan kepada siswa untuk memperluas wawasan mereka. Sebagai solusi untuk mengatasi kendala penyampaian konsep yang kurang variasi, serta untuk memperkenalkan konsep limbah agroindustri yang masih kurang familiar bagi

siswa, disarankan penggunaan Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) berbasis Pembelajaran Berbasis *Project Based Learning* (PjBL). Dengan pendekatan ini, diharapkan siswa tidak hanya mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang perubahan lingkungan dan limbah agroindustri, tetapi juga terlibat aktif dalam proyek-proyek praktis yang mempertegas aplikasi konsep-konsep tersebut dalam kehidupan sehari-hari mereka. Dengan demikian, E-LKPD berbasis PjBL dapat menjadi sumber belajar alternatif yang menarik dan efektif untuk meningkatkan pemahaman dan minat peserta didik terhadap materi biologi.

Penelitian ini diarahkan untuk memberikan kontribusi positif dalam mengembangkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis terkait permasalahan limbah dan pencemaran lingkungan, khususnya dalam konteks perubahan lingkungan. Fokus pada limbah *bagasse* tebu, yang pada awalnya memiliki nilai ekonomi rendah, diharapkan dapat memberikan solusi inovatif melalui penerapan pendekatan fermentasi dan pemberian pakan terhadap larva *Black Soldier Fly* (BSF). Dengan demikian, penelitian ini berjudul "Pengaruh Fermentasi *Bagasse* Tebu terhadap Biokonversi Larva *Black Soldier Fly* sebagai Sumber Belajar Biologi".

1.2 Masalah Penelitian

1. Apakah terdapat pengaruh fermentasi *bagasse* tebu terhadap biokonversi larva *Black Soldier Fly* (BSF) ?
2. Bagaimana kelayakan E-LKPD sebagai produk media pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian yang dilakukan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh fermentasi *bagasse* tebu terhadap biokonversi larva *Black Soldier Fly* (BSF)
2. Mengetahui kelayakan E-LKPD sebagai produk media pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian ini

1.4 Definisi Operasional

Definisi operasional dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Fermentasi *bagasse* tebu yang dimaksud dalam penelitian ini adalah, substrat *bagasse* tebu yang di fermentasi dengan menggunakan EM4 selama 7 hari dan 14 hari.
2. Biokonversi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kemampuan larva *Black Soldier Fly* dalam mengubah substrat *bagasse* tebu, yang dilihat dari indikator yaitu biomassa, konsumsi substrat, indeks reduksi limbah, dan tingkat keberhasilan hidup *survival rate*.
3. Larva *Black Soldier Fly* (BSF) yang menjadi objek penelitian ini adalah larva yang berusia 6 hari dan diperoleh dari budidaya *Black Soldier Fly* (BSF) di Desa Angdongsari Watukebo Ambulu.
4. Sumber belajar yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah sumber belajar yang disajikan dalam bentuk E-LKPD berbasis PjBL, yang dikembangkan berdasarkan hasil penelitian.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi :

1. Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan jawaban terhadap suatu permasalahan melalui eksperimen yang sedang dilakukan, serta bertujuan untuk meningkatkan pemahaman mengenai pengaruh fermentasi pada *bagasse* tebu terhadap biokonversi larva *Black Soldier Fly* (BSF).

2. Sekolah

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi, pengetahuan, dan kontribusi dalam pengembangan ilmu, khususnya dalam konteks pembelajaran biologi.

3. Guru

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi para guru sebagai sumber belajar bagi peserta didik kelas X SMA, terutama dalam pembelajaran Biologi pada materi perubahan lingkungan.

4. Siswa

Bagi siswa, penelitian ini dapat menjadi bahan peningkatan pengetahuan mengenai topik pembelajaran perubahan lingkungan.

5. Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat berfungsi sebagai sumber informasi terkait pemanfaatan limbah kulit *bagasse* tebu untuk meningkatkan nilai ekonomis. Selain itu, penelitian ini memberikan wawasan mengenai penggunaan limbah tersebut sebagai pakan larva *Black Soldier Fly* (BSF).

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Agar tetap fokus pada penelitian sesuai dengan latar belakang dan rumusan permasalahan, maka penelitian ini hanya dibatasi pada:

1. Penelitian ini melibatkan larva yang diuji, yaitu larva yang berumur antara 6 hari hingga pre pupa, yang akan diberikan perlakuan berupa *bagasse* tebu dengan variasi perlakuan pakan yang berbeda.
2. Penelitian ini akan meneliti biomassa, konsumsi substrat, indeks reduksi limbah, dan *survival rate* dengan pemberian pakan limbah *bagasse* tebu dengan perlakuan berbeda.
3. E-LKPD pembelajaran yang akan dikembangkan dalam penelitian ini akan mengadopsi model ADDIE, yang melibatkan *Analysis, Design, Develop, Implement, dan Evaluate*. Penelitian ini akan membatasi fokus pada tahap pengembangan, di mana E-LKPD tersebut akan dirancang dan diformat sesuai dengan kebutuhan pembelajaran yang ditetapkan.