

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kehidupan manusia pada saat ini tidak terlepas dari penggunaan bahan bakar fosil. Bahan bakar dari fosil berfungsi sebagai bahan bakar pada transportasi darat, laut maupun udara (Fahmi *et al.*, 2022). Bahan bakar dari fosil mempunyai kandungan seperti batu bara, gas alam, dan minyak bumi yang merupakan sumber daya alam (Setiawan *et al.*, 2019). Bahan bakar fosil lebih unggul dibandingkan sumber energi lain karena menghasilkan energi dalam jumlah besar per satuan berat atau volume (densitas), dan mudah diolah (Holechek *et al.*, 2022).

Sumber energi dari bahan bakar fosil semakin berkurang. Solusi yang dapat dilaksanakan untuk mengurangi permasalahan tersebut yaitu dengan mengembangkan dan mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui seperti bioetanol (Conesa *et al.*, 2018). Bahan utama pembuatan bioetanol yaitu tanaman yang memiliki kandungan pati selulosa dan sukrosa. Salah satu alasan mengapa bahan utama produksi bioetanol menggunakan tanaman yang memiliki kandungan pati selulosa dan sukrosa adalah karena bahan tersebut tersedia cukup melimpah, biasanya berasal dari limbah pertanian, perkebunan, kehutanan, dan industri (Widyaningrum & Parahadi, 2020b). Bahan yang digunakan pada bioetanol dapat ditemukan dari bahan

yang mengandung sukrosa, pati, selulosa, dan biomassa alga melalui proses fermentasi oleh mikroorganisme. Semakin banyak kandungan selulosa yang dihasilkan, maka semakin besar pula peluang menjadi bioetanol.

Menurut Kusuma *et al.* (2019) kulit buah kakao mengandung hemiselulosa sebesar 48,68%, selulosa sebesar 31,25%, dan lignin sebesar 20,11%. Beberapa bahan yang terdapat dalam kulit kakao menunjukkan dapat digunakan dalam pembuatan bioetanol. Pembuatan bioetanol dari tanaman yang mengandung pati melibatkan proses transformasi karbohidrat menjadi gula menggunakan berbagai metode, termasuk hidrolisis dan enzimatik (Rosita, 2017). Fermentasi enzimatik adalah substrat organik yang mengalami perubahan kimia melalui aktivitas enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme (Rivero-pino *et al.*, 2023). Konsentrasi merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam fermentasi enzimatik. Menurut Muin *et al.* (2014) ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap reaksi fermentasi diantaranya adalah suhu, derajat keasaman, temperatur, jenis mikroba dan lama waktu fermentasi, dan konsentrasi substrat.

Tanaman kakao termasuk jenis tanaman perkebunan yang terdapat nilai ekonomis tinggi dan mempunyai peranan penting dalam perekonomian Indonesia, karena menjadi sumber pendapatan masyarakat dan sumber devisa negara. Produksi kakao di negara Indonesia menurut Pusat Data dan Informasi Pertanian (Pusdatin) tahun 2022 sebesar 732 ribu ton, mengalami kenaikan 3,63% jika dibandingkan dengan tahun 2021. Bagian buah kakao yang biasa dimanfaatkan adalah bijinya. Masyarakat Indonesia mengolah biji

kakao menjadi berbagai macam jenis makanan seperti cokelat bubuk, cokelat pasta, dan selai cokelat. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022 konsumsi kakao di Indonesia berada di angka 667.300 ton. Seiring peningkatan konsumsi kakao, limbah yang dihasilkan juga semakin meningkat. Limbah yang dihasilkan sebagian besar dari buah kakao berasal dari kulit kakao, yang menyumbang sekitar 75% dari total buah. Saat ini pemanfaatan limbah kulit kakao masih minim, sebagian besar limbah kulit kakao tidak digunakan kembali oleh masyarakat, limbah tersebut dibiarkan begitu saja menjadi sampah (Barus *et al.*, 2022). Cara mengurangi limbah kakao dan meningkatkan nilai ekonomisnya yaitu dengan cara diolah menjadi bioetanol, karena terdapat kandungan selulosa yang tinggi pada limbah kulit kakao (Saputri *et al.*, 2021). Pemanfaatan limbah kulit kakao menjadi bioetanol dapat menggantikan bahan bakar fosil yang tidak dapat terbarukan. Penelitian ini berfokus pada potensi kulit kakao sebagai bahan baku dalam produksi bioetanol dengan mempertimbangkan pengaruh konsentrasi *crude* enzim *Bacillus subtilis* hasil fermentasi kulit kakao terhadap kadar gula dan etanol.

Bioetanol merupakan cairan kimia yang dihasilkan pada proses fermentasi serta melibatkan bantuan mikroorganisme. Fermentasi yang dilakukan merupakan fermentasi enzimatik yang memanfaatkan mikroorganisme sehingga dapat mengubah kandungan glukosa menjadi etanol (Widyaningrum & Parahadi, 2020a). Kandungan hemiselulosa pada kulit buah kakao kemudian dihidrolisis menjadi glukosa dengan bantuan

enzim selulase dari proses hidrolisis. Enzim selulase dapat diproduksi dari bakteri *Bacillus subtilis* yang berperan dalam hidrolisis selulosa (Kartika & Ibrahim, 2021). Enzim selulase mampu menguraikan selulosa menjadi glukosa (Argo & Yulianingsih, 2013). Kemampuan enzim selulase dalam menguraikan selulosa dapat menghasilkan gula reduksi sebagai produk yang kemudian akan diproses melalui tahapan fermentasi sehingga menjadi bioetanol.

Gula pereduksi adalah jenis karbohidrat yang memiliki kemampuan untuk melakukan reaksi reduksi terhadap senyawa penerima elektron, seperti glukosa dan fruktosa (Wardhana *et al.*, 2022). Dalam konteks bioetanol, gula pereduksi merujuk pada jenis gula yang dapat mengalami reaksi reduksi selama proses fermentasi untuk menghasilkan bioetanol. Glukosa adalah contoh umum gula pereduksi yang sering digunakan dalam produksi bioetanol. Selama fermentasi, mikroorganisme seperti ragi atau bakteri menggunakan glukosa sebagai substrat, dan dalam proses ini, glukosa mengalami reaksi reduksi untuk menghasilkan etanol dan karbon dioksida (Braide *et al.*, 2016).

Crude enzim (enzim kasar) merupakan enzim yang belum dimurnikan sepenuhnya (Retnoningtyas *et al.*, 2014). Dalam produksi bioetanol, *crude* enzim sering kali digunakan untuk mengkonversi substrat kompleks seperti selulosa menjadi gula yang dapat difermentasi oleh mikroorganisme untuk menghasilkan etanol. *Crude* enzim dapat diperoleh dari sumber alami seperti mikroorganisme atau tanaman, dan kadang-kadang digunakan dalam bentuk

yang belum dimurnikan sepenuhnya (Winarsih & Siskawardani, 2020). *Crude* enzim yang dimanfaatkan pada penelitian ini merupakan *crude* enzim *Bacillus subtilis*.

Bacillus subtilis adalah bakteri yang mempunyai kemampuan menghasilkan enzim selulase. *Bacillus subtilis* dapat mendukung proses fermentasi dan meningkatkan kualitas etanol. Enzim selulase dapat menghidrolisis selulosa dan membentuk glukosa. *B. subtilis* merupakan bakteri gram positif yang memiliki bentuk batang, pembentuk endospora, dan motil yang diklasifikasikan sebagai bakteri aerobik atau anaerobik fakultatif (Maleki *et al.*, 2021). Glukosa hasil dari pemecahan selulosa tersebut dapat diubah menjadi bioetanol. Selanjutnya, kulit kakao yang telah dihidrolisis menggunakan *crude* enzim selulase difermentasi menggunakan bantuan mikroorganisme *Zymomonas mobilis*. Bakteri *Z. mobilis* merupakan salah satu inokulum yang digunakan dalam proses fermentasi dikarenakan mampu mengubah glukosa, fruktosa, dan sukrosa menjadi etanol (Kusumaningati *et al.*, 2013). Hasil penelitian ini memiliki potensi sebagai bahan ajar biologi materi Inovasi Bioteknologi karena proses penggunaan mikroorganisme pada suatu produk yang merupakan salah satu pemanfaatan dalam bioteknologi.

Hasil penelitian eksperimen bisa dijadikan sebagai sumber belajar biologi materi inovasi bioteknologi hal ini dikarenakan pada penelitian eksperimen terdapat materi fermentasi enzimatis sehingga materi yang sesuai adalah inovasi bioteknologi. Materi inovasi bioteknologi meliputi analisis konsep-konsep bioteknologi dan cara penerapannya untuk meningkatkan

kesejahteraan manusia di bidang sumber daya energi, yaitu dalam produksi bioetanol sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak. Berdasarkan wawancara yang dilakukan pada tanggal 15 Oktober 2023 dengan salah satu guru biologi di Madrasah Mu'allimaat Muhammadiyah Yogyakarta, didapatkan informasi terkait bahan ajar yang dipakai pada materi inovasi bioteknologi di Madrasah Mu'allimaat Muhammadiyah Yogyakarta yaitu berupa buku paket. Menurut Afriandi *et al.* (2020) kelemahan bahan ajar cetak adalah tidak bisa menampilkan video dan audio, mudah mengalami kerusakan atau hilang, peserta didik cenderung kurang antusias untuk membaca bahan cetak, walaupun terdapat ilustrasi gambar yang disediakan akan tetapi kurang menarik dan tulisan terlihat monoton, serta bahan ajar cetak dirasa terlalu besar sehingga berat untuk dibawa kemana-mana. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, bahan ajar cetak masih kurang menarik bagi peserta didik untuk membaca, sehingga perlu dilakukan variasi baru dalam bahan ajar yang lebih menarik salah satu contohnya adalah menggunakan *E-Booklet* yang merupakan bahan ajar digital.

E-Booklet merupakan media penyampaian materi ajar yang menampilkan gambar serta ilustrasi konkret dari topik yang diajarkan, yang memicu minat peserta didik untuk membaca sehingga meningkatkan literasi (Azizah & Iswari, 2021). Media *E-booklet* pada umumnya didesain dengan memuat berbagai rangkuman materi yang disusun secara sistematis dan gambar ilustrasi. Penyajian *E-booklet* yang menarik akan meningkatkan rasa ingin tahu terhadap materi pembelajaran yang disajikan. Menurut hasil

penelitian Hanifah *et al.* (2020), *E-Booklet* memiliki dampak positif pada hasil belajar. *E-booklet* didesain untuk menyajikan penyampaian yang sederhana, terstruktur serta menggunakan ilustrasi sehingga membantu siswa memahami konsep dan fakta dengan lebih baik dalam proses belajar. *E-Booklet* berisikan penjelasan yang informatif dan memiliki desain menarik sehingga dapat meningkatkan minat pengetahuan peserta didik pada materi yang diajarkan sehingga mudah dimengerti. Menurut Ruddamayanti (2019) kelebihan *E-Booklet* yaitu dapat diakses oleh peserta didik melalui gawai dengan mudah tanpa batasan ruang dan waktu. Berdasarkan penelitian Febrianti *et al.* (2017) hasil belajar peserta didik dapat meningkat ketika menggunakan *E-Booklet*. *E-Booklet* didesain untuk menyajikan penjelasan yang singkat dan terstruktur, didukung dengan ilustrasi gambar yang memudahkan siswa dalam memahami konsep atau fakta yang diajarkan. *E-Booklet* yang informatif dan menarik secara desain dapat merangsang minat pengetahuan peserta didik.. Menurut Eliana, *et al* (2017) Pengembangan media pembelajaran *E-Booklet* memiliki tujuan untuk merangsang ketertarikan siswa dalam proses pembelajaran, membangkitkan minat membaca siswa dengan harapan dapat meningkatkan pencapaian belajar kognitif siswa.

Berdasarkan hasil kebutuhan penggunaan bahan ajar digital dan kurangnya pemanfaatan limbah kakao. Maka perlu untuk dilakukannya penelitian tentang Penyusunan *E-Booklet* berdasarkan Hasil Penelitian Pengaruh Konsentrasi *Crude Enzim Bacillus subtilis* Terhadap Kadar Gula

dan Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Kakao Sebagai Bahan Ajar Biologi Kelas XII Materi Inovasi Bioteknologi. Hasil penelitian eksperimen ini dapat digunakan sebagai bahan ajar *E-Booklet* karena terdapat relevansi dengan mata pelajaran biologi pada materi inovasi bioteknologi. *E-Booklet* ini diharapkan dapat meningkatkan wawasan peserta didik berupa pemanfaatan limbah kakao sebagai pembuatan bioetanol.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dijabarkan, identifikasi masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Sumber energi dari bahan bakar fosil semakin berkurang sehingga perlu membuat kemajuan dalam pengembangan sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui seperti bioetanol.
2. Banyaknya limbah kulit kakao yang belum dioptimalkan penggunaannya dengan baik sehingga berpotensi mencemari lingkungan.
3. Bahan ajar yang dikembangkan oleh guru pada materi inovasi bioteknologi kurang bervariasi.

C. Pembatasan Masalah

Untuk mengurangi perluasan masalah maka ditetapkan batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Pemanfaatan limbah kakao pada pembuatan bioetanol.
2. Pemanfaatan mikroorganisme penghasil enzim selulase sehingga dapat mengubah selulosa menjadi glukosa antara lain *Bacillus subtilis*.

3. Pemanfaatan bahan ajar biologi menggunakan *E-Booklet* untuk melengkapi variasi bahan ajar di sekolah.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah konsentrasi *crude* enzim dari *Bacillus subtilis* berpengaruh terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit kakao (*Theobroma cacao* L.)?
2. Berapakah konsentrasi *crude* enzim dari *Bacillus subtilis* yang paling berpengaruh terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit kakao (*Theobroma cacao* L.)?
3. Apakah *E-Booklet* hasil penelitian pengaruh konsentrasi *crude* enzim *Bacillus subtilis* terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit kakao layak untuk digunakan sebagai bahan ajar biologi materi inovasi bioteknologi kelas XII?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah, adapun tujuan penelitian yang digunakan sebagai berikut:

1. Mengetahui konsentrasi *crude* enzim dari *Bacillus subtilis* berpengaruh terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit kakao (*Theobroma cacao* L.).
2. Mengetahui konsentrasi *crude* enzim dari *Bacillus subtilis* yang paling berpengaruh terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit kakao (*Theobroma cacao* L.)

3. Mengetahui kelayakan *E-Booklet* hasil penelitian pengaruh konsentrasi *crude* enzim *Bacillus subtilis* terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit kakao sebagai bahan ajar biologi kelas XII materi inovasi bioteknologi.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Menjadi landasan untuk mempertimbangkan peran bioetanol sebagai solusi masalah krisis energi dan dinilai ramah lingkungan sebagai energi alternatif. Selain itu, dari hasil penelitian diharapkan pembaca memperoleh pengetahuan yang baru mengenai bioetanol untuk mengembangkan pengetahuan bioteknologi.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi Masyarakat

Penelitian ini memiliki harapan supaya dapat memberikan pengetahuan kepada masyarakat Indonesia mengenai limbah kulit kakao yang dapat diolah sebagai energi alternatif bahan bakar.

- b. Bagi Guru Biologi

Penelitian ini memiliki harapan agar dapat dijadikan sebagai bahan ajar pembelajaran biologi materi bioteknologi untuk siswa SMA kelas XII materi Inovasi Bioteknologi dan diharapkan dapat diterapkan sebagai alternatif bahan ajar biologi kelas XII SMA pada materi Inovasi Bioteknologi.

c. Bagi Peserta Didik

Penelitian ini memiliki harapan dapat dijadikan penunjang bahan ajar berupa *E-Booklet* yang memiliki manfaat untuk mempermudah pemahaman peserta didik dan dapat memotivasi dalam mempelajari biologi khususnya materi inovasi bioteknologi.

d. Bagi Peneliti

Penelitian ini memiliki harapan untuk menambah wawasan bagi peneliti, dapat menjadi acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya mengenai bioetanol, dapat mengembangkan bahan ajar sehingga menjadi pengalaman baru bagi peneliti untuk mengembangkan kreativitas dalam mewujudkan bahan ajar yang inovatif, serta bermanfaat untuk menyelesaikan tugas akhir kuliah peneliti.