

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan enzim dalam berbagai proses industri telah menciptakan permintaan pasar yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Sebuah studi industri baru-baru ini yang dilakukan oleh Freedonia pada Januari 2018 mengenai “Global Industrial Enzymes” mengungkapkan bahwa permintaan global untuk enzim diproyeksikan akan tumbuh hingga 4.0% per tahun menjadi \$5.0 miliar pada tahun 2021 (Jayasekara dan Ratnayake, 2019). Salah satu enzim yang memiliki permintaan pasar paling besar adalah enzim selulase.

Singh *et al.* (2016) mengatakan bahwa selulase merupakan enzim komersial dengan permintaan paling banyak ketiga di pasar dunia. Menurut laporan Market Research Report mengenai pasar enzim selulase dunia yang diterbitkan tahun 2018, Asia-Pasifik merupakan konsumen terbesar pengguna enzim selulase dengan tingkat permintaan hingga 32,84% pada tahun 2016. Data lainnya yang dilaporkan juga meliputi permintaan selulase pada industri pakan ternak yang mencapai 29,17%, pada industri makanan dan minuman yang mencapai 26,37%, dan pada industri tekstil yang mencapai 13,77% pada tahun 2016. Laporan tersebut juga memprediksi bahwa penggunaan selulase akan mencapai 2300 juta USD pada akhir 2025 dengan rata-rata pertumbuhan tiap tahunnya sebesar 5,5% selama periode 2018-2025. Data ini menunjukkan bahwa aplikasi selulase dalam industri meningkat secara drastis setiap tahunnya (Global Info Research, 2019).

Selulase merupakan enzim yang mampu mendegradasi selulosa dan mengubahnya menjadi senyawa gula sederhana yaitu glukosa (Santos *et al.*, 2012). Selulase memiliki peranan penting sebagai biokatalis dalam berbagai proses industri, seperti industri tekstil, kertas, makanan, medis, detergen, dan lain sebagainya (Kuhad, 2011). Selain itu, enzim selulase juga banyak digunakan dalam peningkatan kualitas nutrisi pakan ternak, mengontrol hama dan penyakit tanaman, serta meningkatkan kualitas tanah (Baharuddin, 2014).

Pemanfaatan lainnya dari enzim selulase yaitu digunakan pada produksi bioetanol dengan menggunakan limbah lignoselulosa sebagai substrat (Dadheech, 2018). Kekhawatiran dunia mengenai keterbatasan cadangan bahan bakar fosil yang kian menipis telah membuat para ilmuwan beralih untuk memanfaatkan sumber daya terbarukan yaitu bahan bakar hayati, salah satunya bioetanol, sebagai pemenuhan kebutuhan sumber bahan bakar fosil (Thomsen *et al.*, 2007).

Enzim selulase yang banyak dibutuhkan tersebut dapat diproduksi dengan memanfaatkan limbah lignoselulosa sebagai sumber substrat yang banyak mengandung selulosa. Pemanfaatan limbah lignoselulosa untuk menghasilkan enzim selulase ini merupakan perkembangan teknologi generasi kedua dimana pada generasi pertama sumber gula yang banyak digunakan hanya berasal dari tebu dan amilum dari biji-bijian (jagung, padi, dan gandum). Hal ini menjadi tidak efektif karena diprediksikan beresiko mengalami benturan dengan kebutuhan pangan (Thomsen *et al.*, 2007).

Jerami padi adalah salah satu limbah tanaman lignoselulosa yang melimpah di dunia (Kim dan Dale, 2004). Produksi global tahunan beras adalah sekitar 526 juta metrik ton, sedangkan potensi limbah biomassa berlignoselulosa yang dihasilkan dari kegiatan pertanian di Indonesia mencapai 146,7 juta ton pertahun (Abdullah, 2001). Karakteristik jerami padi seperti kerapatan rendah, mineral tinggi, dan kandungan silika telah membatasi aplikasinya. Pemanfaatannya sebagai pakan ternak juga tidak menarik, karena daya cerna yang rendah, kandungan protein rendah, lignin tinggi, dan mengandung silika. Pembuangan limbah jerami padi juga bermasalah karena degradasi yang lambat di alam dan menyimpan penyakit, selain itu pembakaran jerami padi di lahan terbuka merupakan praktik umum yang sering dilakukan di seluruh dunia dan tentunya mengarah pada polusi udara (Singth *et al.*, 2016). Sehingga alternatif lain dari pemanfaatan limbah jerami padi yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakannya sebagai bahan baku untuk produksi enzim selulase yang banyak dibutuhkan dan bernilai ekonomi tinggi.

Lignoselulosa adalah komponen utama tanaman yang menggambarkan jumlah sumber bahan organik yang dapat diperbaharui. Unsur utama dari lignoselulosa adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Jerami padi mengandung banyak bahan lignoselulosa yang dapat didegradasi oleh selulase. Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman, yang terdiri dari polimer-polimer glukosa yang tersusun dari unit-unit β -1,4 glukosa yang dihubungkan dengan β -1,4-D-glikosida (Han *et al.*, 1999). Jika ikatan ini diputus baik secara hidrolisis asam maupun enzimatik, akan dihasilkan komponen penyusun selulosa berupa oligosakarida bahkan glukosa. Jerami padi diketahui memiliki kandungan selulosa yang tinggi, mencapai 34,2% berat kering, 24,5% hemiselulosa, dan kandungan lignin hingga 23,4% (Wyman, 2002).

Selulosa dihidrolisis secara enzimatik dengan kerja sinergis dari tiga komponen enzim, yaitu endo-1,4- β -D-glukanase, ekso-1,4- β -D-glukanase, dan β -glukosidase. Hidrolisis secara enzimatik lebih banyak keuntungannya dibanding dengan hidrolisis asam, diantaranya tidak menimbulkan degradasi gula hasil hidrolisis dan berpotensi memberikan hasil yang lebih tinggi (Muchtadi *dkk.*, 1992). Namun, harga enzim komersial yang tinggi menjadi kendala, sehingga enzim-enzim berusaha dihasilkan dari makhluk hidup seperti mikroorganisme, yaitu bakteri dan jamur sebagai penghasil komponen selulolitik enzim.

Salah satu sumber potensial mikroba pencerna selulosa terdapat pada usus rayap. Di dalam saluran pencernaan rayap terdapat berbagai macam mikroba pencerna serat, baik bersifat aerobik maupun fakultatif anaerobik (Wenzel *et al.*, 2002). Ekstrak enzim selulase yang diisolasi dari rayap menunjukkan kemampuan yang cukup tinggi dari mikroba usus rayap dalam mendegradasi selulosa (Watanabe *et al.*, 1998). Beberapa spesies bakteri berhasil ditemukan terdapat pada usus rayap *Cryptotermes* sp., dan telah terbukti bahwa bakteri tersebut merupakan kelompok bakteri yang membantu pencernaan selulosa yang terjadi pada usus rayap tempat simbiosisnya tersebut. Hal ini sesuai dengan yang dihasilkan Peristiwati dan Herlini (2018) dalam penelitiannya mengenai isolasi bakteri pada usus rayap *Cryptotermes*

sp. yang dapat memproduksi enzim selulase. Bakteri selulolitik yang ditemukan dalam usus rayap *Cryptotermes* sp. diidentifikasi merupakan bagian dari genus *Clostridium*, *Proteus*, dan kelompok bakteri *Mycobacteriaceae* dan *Lactobacillaceae* (Peristiwati dan Herlini, 2018). Namun pada penelitian tersebut belum dilakukan tahap optimasi dalam menghasilkan enzim selulase. Oleh karena itu peneliti melakukan tahapan optimasi produksi enzim selulase untuk mengetahui kondisi tertentu dalam menghasilkan produk enzim yang optimum, serta dilakukan uji aktivitas terhadap enzim selulase yang dihasilkan untuk mengetahui tingkat kemampuan enzim selulase tersebut dalam memecah substrat.

Kondisi-kondisi lingkungan dalam proses produksi enzim yang perlu disesuaikan agar dapat menghasilkan enzim selulase yang optimum adalah salah satunya adalah kondisi fisik yang meliputi tingkat suhu dan pH (Nandimath, 2016). Penelitian Sreedevi *et al.* (2013) mengenai optimasi produksi enzim selulase oleh bakteri *Pseudomonas* sp., *Achromobacter xylosoxidans*, dan *Bacillus* sp. menunjukkan bahwa kondisi suhu optimum bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Achromobacter xylosoxidans* dalam memproduksi enzim selulase berada pada suhu 37°C, sedangkan kondisi pH yang dibutuhkan oleh kedua bakteri tersebut berbeda. Bakteri *Pseudomonas* sp. membutuhkan lingkungan dengan pH 8 untuk menghasilkan enzim selulase optimum dan bakteri *Achromobacter xylosoxidans* membutuhkan lingkungan dengan pH 7. Berdasarkan penelitian tersebut, maka rentang suhu yang digunakan untuk optimasi produksi enzim dalam penelitian ini yaitu 36,5 °C dan 37,5 °C, sedangkan untuk pH yaitu 7 dan 8.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka dirumuskan suatu rumusan masalah penelitian yaitu “Bagaimana optimasi produksi enzim selulase ekstrak kasar oleh konsorsium bakteri selulolitik R3-1, R4-3, dan R7-3 dari saluran pencernaan rayap *Cryptotermes* sp. menggunakan media serbuk jerami padi (*Oryza sativa* Linn)?”

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, maka dirumuskan suatu pertanyaan penelitian yaitu sebagai berikut.

- 1) Berapakah suhu dan pH optimum untuk produksi enzim selulase ekstrak kasar dengan menggunakan konsorsium bakteri selulolitik R3-1, R4-3, dan R7-3 pada media serbuk jerami padi?
- 2) Bagaimana pengaruh biomassa sel bakteri dari konsorsium bakteri selulolitik R3-1, R4-3, dan R7-3 dengan kondisi produksi enzim selulase optimum yang dihasilkan?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Isolat bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah bakteri selulolitik R3-1, R4-3, dan R7-3 yang diisolasi dari saluran pencernaan rayap *Cryptotermes* sp. Bakteri R3-1, R4-3, dan R7-3 merupakan bakteri selulolitik yang akan diidentifikasi jenisnya oleh rekan kami Cipta Adi Nugraha, yang melakukan penelitian mengenai isolasi dan identifikasi bakteri selulolitik usus rayap secara molekuler.
- 2) Rayap yang digunakan dalam penelitian ini adalah spesies *Cryptotermes* sp. yang diperoleh dari kursi kayu yang sudah lapuk dari salah satu rumah di daerah Geger Arum, Kelurahan Isola, Kecamatan Sukasari, Kota Bandung.
- 3) Substrat yang digunakan sebagai media produksi dan optimasi enzim selulase adalah serbuk jerami padi yang diperoleh dari persawahan di Jalan Sawah Lega III Cipageran Kota Cimahi. Jerami yang diambil adalah jerami dengan usia 2 hari pascapanen.
- 4) Optimasi produksi enzim dilakukan pada perbedaan perlakuan terhadap suhu dan pH serta parameter yang dihitung meliputi biomassa sel bakteri, gula pereduksi, dan aktivitas enzim.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Menentukan suhu dan pH optimum untuk produksi enzim selulase yang berasal dari konsorsium bakteri selulolitik R3-1, R4-3, dan R7-3 pada media serbuk jerami padi.
- 2) Menentukan pengaruh biomassa sel bakteri pada produksi enzim selulase dengan aktivitas enzim selulase optimum yang dihasilkan.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat praktis dan teoritis yang dapat diambil dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

- 1) Memberikan informasi mengenai aktivitas dan kondisi optimum untuk menghasilkan enzim selulase yang berasal dari konsorsium bakteri selulolitik pada saluran pencernaan rayap *Cryptotermes sp.* menggunakan media serbuk jerami padi.
- 2) Sebagai pustaka dalam penelitian selanjutnya, dalam pengembangan produksi enzim selulase dari isolat bakteri pada saluran pencernaan rayap menggunakan media serbuk jerami padi.
- 3) Sebagai upaya meningkatkan pemanfaatan limbah jerami padi dan meningkatkan pemanfaatan rayap kayu yang hanya dianggap sebagai hama oleh masyarakat.

1.7 Struktur Organisasi Skripsi

Skripsi ini disusun berdasarkan peraturan karya tulis ilmiah yang tercantum dalam pedoman penulisan karya ilmiah Universitas Pendidikan Indonesia tahun 2018. Secara umum, gambaran mengenai skripsi ini tercantum dalam struktur organisasi skripsi yang akan dipaparkan pada bagian ini. Struktur organisasi skripsi terdiri dari lima bab, yaitu bab I merupakan bab pendahuluan, bab II kajian pustaka, bab III metode penelitian, bab IV temuan dan pembahasan, dan bab V merupakan simpulan, implikasi, dan rekomendasi.

Bab I pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian. Pada latar belakang dijelaskan urgensi penelitian optimasi produksi enzim yang dilakukan yaitu

kian banyaknya enzim selulase yang dibutuhkan dalam industri, sedangkan enzim komersial yang digunakan dalam prosesnya jumlahnya sangat sedikit dan harganya mahal. Sehingga diperlukan sumber penghasil enzim lain yang berasal dari mikroorganisme, misalnya bakteri selulolitik. Dengan menggunakan substrat jerami padi sebagai sumber selulase yang melimpah, bakteri selulolitik penghasil enzim selulase diisolasi dari pencernaan rayap dan dilakukan optimasi produksi enzim selulase untuk mengetahui kondisi optimal bakteri tersebut dalam menghasilkan enzim selulase yang maksimal. Selanjutnya terdapat juga rumusan masalah yang mencakup pertanyaan penelitian untuk mengarahkan proses penelitian yang dilakukan agar memperoleh kesimpulan sesuai yang diharapkan. Selain itu juga terdapat tujuan dan manfaat penelitian untuk menambah penjelasan mengenai urgensi penelitian yang dilakukan.

Bab II berisi tentang kajian pustaka yang telah dilakukan penulis sebagai literatur tambahan yang dikutip dan diambil dari berbagai sumber yang berkaitan dengan penelitian ini sehingga dapat menjelaskan dasar-dasar penelitian yang dilakukan dan membantu memperoleh hipotesis mengenai kemungkinan hasil yang didapatkan berdasarkan data-data penelitian sebelumnya. Selain itu juga membantu penulis mengaitkan teori yang ada dengan hasil temuan dan pembahasan yang didapat dari penelitian ini. Secara umum, kajian pustaka ini berisi kajian materi tentang limbah lignoselulosa, degradasi selulosa, bakteri selulolitik, enzim selulase, dan rayap *Cryptotermes sp.*

Bab III berisi tentang pemaparan mengenai metode penelitian secara detail dan langkah-langkah yang telah dilakukan dalam penelitian. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan diawali tahap isolasi bakteri dari pencernaan rayap, kemudian seleksi bakteri selulolitik menggunakan medium CMC, optimasi produksi enzim dengan perlakuan perbedaan pH dan temperatur, dan juga dilakukan uji aktivitas enzim yang dihasilkan. Seluruh tahapan dalam penelitian disusun dalam bentuk alur penelitian untuk memudahkan melihat gambaran umum dari setiap tahap penelitian yang dilakukan.

Bab IV berisi tentang temuan yang didapatkan dalam penelitian yang dilakukan kemudian dianalisis dan dibahas secara detail dengan mengkaitkan dengan teori yang ada dan hasil penelitian sebelumnya.

Bab V berisi tentang kesimpulan dari penelitian ini. Bab ini berisi perluasan dan pengembangan penelitian selanjutnya yang dituliskan dalam sub bab implikasi. Selain itu juga terdapat rekomendasi yang berisis saran untuk perbaikan dalam penelitian selanjutnya.