

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang semakin meluas menjadi salah satu faktor perkembangan produksi kelapa sawit setiap tahunnya. Berdasarkan data Ditjen Perkebunan Kementerian Pertanian, industri perkebunan kelapa sawit pada tahun 2024 menghasilkan sebanyak 2.159 juta ton dan mengalami peningkatan 6,72% ditahun 2025, yaitu sebanyak 2.305 juta ton kelapa sawit. Seiring dengan peningkatan produksi minyak kelapa sawit, limbah yang belum termanfaatkan juga meningkat, salah satunya yaitu limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Menurut Ananda dkk., (2023), satu ton produksi Tandan Buah Segar (TBS) akan menghasilkan 23-30% limbah TKKS. Kandungan pada TKKS meliputi selulosa 45.95%, hemiselulosa 16.49%, dan lignin 22.84% (Murdani, 2017). Limbah ini dapat mencemari lingkungan, sehingga perlu dilakukan pengelolaan melalui pemanfaatan kandungan lignoselulosa, terutama selulosa pada TKKS di berbagai bidang industri, melalui hidrolisis sempurna selulosa menghasilkan glukosa untuk difermentasi menjadi etanol (Lee dkk., 2014). Lignin yang memiliki struktur kompleks membentuk ikatan kuat dengan polisakarida sebagai pembentuk struktur lignoselulosa bersama hemiselulosa mengelilingi mikrofibril selulosa pada bagian lamela tengah yang membuatnya sulit untuk terdegradasi, sehingga perlu dilakukan proses *pretreatment* (Permata dkk., 2021).

Pretreatment merupakan proses pemecahan struktur lignin serta mengurangi ataupun menghilangkan kadar lignin, sehingga meningkatkan jumlah selulosa pada biomassa (Nusbah dkk., 2025). Terdapat berbagai solusi, yaitu baik secara kimia, biologi, maupun fisika. Salah satu cara dengan pendekatan biologi adalah memanfaatkan mikroorganisme. Penggunaan mikroorganisme memiliki beberapa kelebihan, yaitu ekonomis, efisien energi, dan ramah bagi lingkungan (Neshat dkk., 2017). Dibandingkan dengan penggunaan NaOH yang dapat mencemari lingkungan akibat penggunaan bahan kimia yang tinggi dan mampu merusak struktur dari selulosa pada saat proses degradasi, sedangkan mikroorganisme lebih selektif dalam mempertahankan struktur selulosa (Maharani dan Rosyidin, 2018).

Mikroorganisme memiliki potensi besar dalam mendegradasi lignin, salah satunya, yaitu *Streptomyces*. *Streptomyces* adalah kelompok genus dari mikroorganisme *Actinomycetes* yang mampu memproduksi enzim pendegradasi lignoselulosa pada biomassa, sehingga dapat dimanfaatkan untuk produksi bioetanol (Saini dkk., 2015). *Streptomyces* menghasilkan kompleks enzim ligninase yang akan mengoksidasi dan menghasilkan pemecahan ikatan C-C dan C-O struktur aromatik lignin, sehingga terjadi peristiwa degradasi lignin (Ilmi dan Kuswytasari, 2013). Oleh karena itu, pertumbuhan mikroorganisme yang baik juga dapat memicu aktivitas enzim secara optimal dalam mendelignifikasi. Aktivitas enzim yang optimal dapat meningkatkan kadar selulosa dari proses degradasi lignin, sehingga produksi bioetanol juga dapat semakin banyak. Terdapat berbagai jenis isolat *Streptomyces* yang dapat digunakan untuk degradasi

lignin dengan menghasilkan aktivitas enzim ligninase, seperti lignin peroksidase (LiP), mangan peroksidase (MnP), dan lakase, berdasarkan penelitian oleh Supranoto, (2025) menyatakan bahwa jenis isolat InaCC A927 *Streptomyces cyaneus* mampu untuk mendegradasi lignin pada biomassa TKKS sebesar 16,10% pada kondisi optimum massa substrat 7g, pH 9, dan 21 hari masa inkubasi, serta penelitian oleh Hidayah, (2025) jenis isolat InaCC A884 *Streptomyces griseorubens* mampu untuk mendegradasi lignin pada biomassa TKKS sebesar 15,01% pada kondisi optimum massa substrat 9g, pH 4, dan 21 hari masa inkubasi. Telah dilakukan uji pendahuluan mengenai analisis *screening* potensi degradasi lignin oleh jenis isolat lain, yaitu InaCC A1159 *Streptomyces griseorubens* dan InaCC A549 *Streptomyces lividans* juga telah dilakukan. Diperoleh hasil degradasi lignin pada biomassa TKKS oleh isolat InaCC A1159 *Streptomyces griseorubens* lebih besar, yaitu 17,64%, dibandingkan hasil dari isolat *Streptomyces lividans* yang lebih rendah, yaitu 16,22%. Berdasarkan hasil *screening* tersebut menunjukkan bahwa InaCC A1159 *Streptomyces griseorubens* memiliki potensi yang lebih baik dalam mendegradasi lignin pada biomassa TKKS pada proses *pretreatment*, sehingga penelitian ini memilih menggunakan isolat InaCC A1159 *Streptomyces griseorubens* untuk dilakukan optimasi proses *pretreatment* TKKS.

Kemampuan *Streptomyces* menghasilkan aktivitas enzim yang optimal untuk diperoleh nilai lignin *removal* yang tinggi pada proses *pretreatment* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Responss Surface Method* (RSM). Lignin *removal* adalah nilai seberapa banyak lignin terdegradasi. *Responss Surface*

Method (RSM) adalah metode yang menerapkan teknik statistika dan matematika dari hasil eksperimen untuk menganalisis masalah dan hubungan empiris antara variabel dependen dengan variabel independen (faktor) untuk mengoptimalkan respons (Sumaiyah dkk., 2024). RSM dengan desain eksperimen *central composite design* (CCD) efisien dan fleksibel untuk meningkatkan metode dengan meminimalkan jumlah eksperimen, serta memberikan informasi yang cukup tentang efek variabel dan kesalahan eksperimen secara keseluruhan (El-Gendy dkk., 2013). RSM dengan desain eksperimen CCD digunakan untuk membuat rancangan percobaan serta mengetahui kondisi optimum proses *pretreatment* biomassa TKKS yang dilakukan oleh isolat InaCC A1159 *Streptomyces griseorubens* dengan harapan diperoleh kadar lignin *removal* yang optimal, agar limbah TKKS dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan produksi bioetanol.

Pada penelitian ini, dilakukan optimasi proses *pretreatment* TKKS yang berasal dari Kalimantan menggunakan isolat InaCC A1159 *Streptomyces griseorubens* dengan memanfaatkan *Response Surface Methodology* (RSM) desain eksperimen CCD untuk mengetahui kondisi optimum isolat InaCC A1159 *Streptomyces griseorubens* dalam mendegradasi lignin pada TKKS berdasarkan variasi massa substrat, pH, dan waktu inkubasi, serta mengetahui aktivitas enzim ligninase yang dihasilkan oleh isolat dalam proses *pretreatment*.

I.2 Tujuan

1. Menentukan kondisi optimum proses delignifikasi TKKS menggunakan isolat InaCC A1159 *Streptomyces griseorubens* dengan variasi massa, pH, dan waktu.

2. Menentukan data aktivitas enzim ligninase yang dihasilkan oleh isolat InaCC A1159 *Streptomyces griseorubens* dalam mendegradasi lignin pada TKKS.