

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Limbah agroindustri merupakan salah satu hal yang penting untuk dikelola, walaupun limbah tersebut tidak secara langsung mencemari lingkungan namun jika dibiarkan maka bahan organik yang terkandung dalam limbah tersebut dapat menjadi media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme pembusuk, sehingga akan mencemari lingkungan. Salah satu contoh limbah agroindustri adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Data statistik Dirjen Perkebunan tahun 2018 memperlihatkan produksi kelapa sawit sebesar 42.883.632 Ton, dari data tersebut Sumatera Barat menyumbang sebesar 1.248.269 Ton (Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, 2019). Produksi rerata TKKS adalah berkisar 22% hingga 24% dari total berat tandan buah segar (Arif, 2012). Sebuah pabrik kelapa sawit dengan kapasitas olah 30 ton Tandan Buah Segar (TBS)/jam dan secara rata-rata beroperasi 20 jam/hari maka setiap harinya akan dihasilkan 120 ton TKKS dan 360 ton limbah cair pabrik kelapa sawit (Wahyuni, 2008).

Pembuangan TKKS yang merupakan materi organik tanpa terkendali ke lahan di kebun sawit mengakibatkan tumpukan biomassa dalam jumlah yang sangat besar dan akan terjadi proses dekomposisi secara anaerobik atau proses pembusukan skala besar. Dari proses tersebut dihasilkan gas-gas yang mencemari atmosfer seperti gas  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{NO}_x$  dan cairan lindi yang akan mencemari air tanah dan air permukaan. Secara global gas-gas tersebut berakibat pada efek rumah kaca, sedangkan secara lokal mengakibatkan bau dan mengganggu kesehatan manusia. Melihat potensi pencemarannya terhadap lingkungan maka limbah TKKS harus dikelola secara bijaksana.

TKKS merupakan limbah utama bahan berlignoselulosa yang belum dimanfaatkan secara optimal dari industri pengolahan kelapa sawit. Komponen utama lignoselulosa TKKS, terdiri dari lignin, selulosa dan hemiselulosa (Perez *et al.*, 2002). Keberadaan lignin membatasi penggunaan TKKS pada dunia industri, seperti pada industri *pulp* dan kertas. Keberadaan komponen ini memiliki pengaruh terhadap sifat kertas, terutama pada ikatan antar serat, kekuatan, warna dan kilap

kertas. Keberadaan lignin yang cukup tinggi juga akan menyulitkan pada proses penggilingan *pulp*, mengganggu terbentuknya bubur dan menyebabkan kertas yang dihasilkan bersifat kaku dan berwarna kuning, sehingga dalam pembuatan *pulp* lignin harus dihilangkan.

Uraian diatas memperlihatkan perlunya dilakukan suatu kajian bagaimana memanfaatkan TKKS sebagai bahan baku *pulp*. Mengingat kebutuhan akan kertas semakin meningkat, dimana konsumsi rata-rata kertas dunia 55 kg per orang per tahun (Haggith, 2018). Selama ini bahan baku utama untuk membuat *pulp* dan kertas adalah kayu jarum (*softwood*) dan kayu daun (*hardwood*). Namun, penggunaan kayu secara terus menerus tentu akan mengganggu kesetimbangan ekosistem. Oleh karena itu penggunaan TKKS sebagai bahan baku *pulp* dari tanaman non kayu menjadi pilihan.

Lignin merupakan komponen limbah TKKS yang relatif sulit didegradasi. Lignin membentuk ikatan yang kuat dengan polisakarida, struktur ini menghalangi larutan *pulping* atau enzim yang akan digunakan untuk menguraikan selulosa dan hemiselulosa, sehingga akan sulit untuk memisahkan selulosa dan hemiselulosa dalam proses penyediaan serat (Howard *et al.*, 2003). Oleh sebab itu diperlukan proses delignifikasi.

Proses delignifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan perlakuan fisik, kimia atau secara biologi (biodelignifikasi). Metode hidrotermal merupakan contoh dari perlakuan fisik yang dilakukan agar lignin dapat terdekomposisi secara maksimal. Perlakuan ini membutuhkan energi dalam jumlah yang besar. Perlakuan kimia menggunakan klorin, NaOH, hidrogen peroksida, bahkan ozon (Beg *et al.*, 2000). Proses ini jika ditinjau dari aspek ekonomis kurang menguntungkan disamping juga dapat mencemari lingkungan. Perlakuan biologi dengan menggunakan mikroorganisme penghasil enzim menjadi salah satu alternatif yang banyak digunakan.

Ligninase merupakan enzim pemecah lignin, dihasilkan oleh mikroorganisme yang memiliki sifat lignofilik. Enzim pendegradasi lignin ini secara umum terdiri atas dua kelompok utama, yaitu *laccase* (Lac) dan *peroxidase* (Perez *et al.*, 2002). Enzim *peroxidase* terdiri atas *lignin peroxidase* (LiP) dan *manganese peroxidase* (MnP) (Chahal dan Chahal, 1998).

Beberapa penelitian mengemukakan penggunaan mikroorganisme dalam proses delignifikasi TKKS baik itu fungi maupun bakteri, diantaranya *Pleurotus floridanus* (Lukitawesa *et al.*, 2012a), *Actinomyces* (Prakoso *et al.*, 2014), *Phanerochaete chrysosporium* ATCC32629 (Hamisan *et al.*, 2009), *Ganoderma boninense* (Jumali dan Ismail, 2017), *Trichoderma viride* dan *Escherichia coli* (Prasetya *et al.*, 2018). Pemanfaatan mikroorganisme penghasil enzim ligninase sangat dianjurkan karena lebih ramah lingkungan, merupakan organisme hidup yang murah, dan mudah dikembangkan. Disamping itu penggunaan mikroorganisme dapat mengurangi penggunaan bahan kimia.

Pada penelitian ini dilakukan proses biodelignifikasi terhadap berbagai fraksi serat TKKS (fraksi serat panjang dan fraksi serat campuran). Fraksi serat panjang dan fraksi serat campuran diperoleh dengan cara menguraikan serat dengan bantuan alat pengurai, dimana sebelumnya TKKS telah dikempa terlebih dahulu pada pabrik kelapa sawit untuk mengambil minyak yang tersisa. Rata-rata panjang serat TKKS fraksi serat panjang yaitu 13 cm dan sisanya hasil penguraiaannya merupakan fraksi serat campuran. Penggunaan TKKS yang telah dikempa disebabkan karena TKKS yang telah diekstraksi lebih rendah kadar ligninnya dibandingkan sebelum ekstraksi (Rosli *et al.*, 2017).

Data pengamatan awal peneliti memperlihatkan, bahwa TKKS fraksi serat campuran yang difermentasi secara spontan mengalami kenaikan suhu dan menghasilkan cairan lindi. Cairan ini diduga mengandung mikroorganisme ligninolitik yang selektif dan spesifik mendegradasi lignin yang terdapat pada TKKS fraksi serat campuran dan lindi ini juga dapat diaplikasikan juga pada TKKS fraksi serat panjang, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *pulp*.

Proses biodelignifikasi pada industri *pulp* dikenal juga dengan istilah *biopulping*, proses ini dilakukan sebelum pemasakan dengan menggunakan bahan kimia. Penggunaan mikroorganisme pada proses *biopulping* diharapkan dapat mengurangi tingkat pencemaran akibat penggunaan bahan kimia dalam proses pemasakan *pulp*. *Biopulping* juga memberikan keuntungan diantaranya menghemat energi (Ferraz *et al.*, 2008), mengurangi konsumsi klorin pada proses pemutihan dan mengurangi polutan terhadap lingkungan (Yadav dan Chandra, 2015).

*Biopulping* rami dengan jamur *Marasmius* sp. menunjukkan efektivitas yang tertinggi dengan derajat degradasi lignin sebesar 40,4%. *Pulp* belum putih yang dihasilkan dari proses yang melalui perlakuan pendahuluan (*biopulping*) menghasilkan persentase penurunan bilangan Kappa sebesar 7,2% jika dibandingkan dengan tanpa perlakuan jamur (tanpa pra perlakuan). Hasil uji kualitas *pulp* rami yang mengalami perlakuan pendahuluan menghasilkan *pulp* belum putih yang lebih baik, dengan sifat fisik indeks retak dan indeks sobek berturut-turut 1,24 kN/g dan 10,52 mN.m<sup>2</sup>/g (Purwita dan Risdianto, 2016). Pada penelitian yang dilakukan juga mengkaji bagaimana pengaruh perlakuan pendahuluan (*biopulping*) sebelum proses pemasakan terhadap kualitas *pulp* yang dihasilkan.

Mikroorganisme ligninolitik pada penelitian ini diperoleh melalui fermentasi spontan menggunakan substrat TKKS fraksi serat campuran. Hasil dari fermentasi spontan tersebut menghasilkan lindi yang mengandung mikroorganisme penghasil enzim ligninase. Hal ini berbeda dari beberapa penelitian terdahulu yang melakukan delignifikasi TKKS secara keseluruhan tanpa dilakukan pemisahan dan ekstraksi minyak terlebih dahulu ataupun dari limbah industri pengolahan minyak kelapa sawit lainnya. Selain itu semua penelitian terdahulu tidak menggunakan mikroorganisme yang diperoleh langsung dari substrat yang menggunakan TKKS namun diperoleh dari substrat bahan berlignoselulosa lain. Sesuai dengan prinsipnya bahwa setiap enzim yang dihasilkan oleh makhluk hidup tertentu memiliki sifat selektif yang berbeda-beda. Diharapkan mikroorganisme yang dihasilkan dari fermentasi spontan TKKS menghasilkan enzim yang spesifik dan selektif pula untuk biodelignifikasi TKKS, sehingga diperlukan suatu kajian yang lebih intensif untuk memanfaatkan TKKS sebagai substrat tumbuhnya mikroorganisme ligninolitik spesifik bagi delignifikasi TKKS. Selain itu lindi yang terbentuk diaplikasikan pada proses biodelignifikasi pada TKKS fraksi serat panjang, sehingga menghasilkan serat yang telah terurai ligninnya dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *pulp* yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya diinginkan oleh dunia industri.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik kimia TKKS fraksi serat campuran setelah mengalami fermentasi secara spontan.
2. Mikroorganisme apa saja yang terkandung pada TKKS fraksi serat campuran dan lindi setelah mengalami fermentasi spontan, serta bagaimana karakteristik mikroorganisme tersebut.
3. Bagaimana aktivitas enzim ligninase yang dihasilkan dari mikroorganisme yang terdapat pada TKKS fraksi serat campuran dan lindi setelah mengalami fermentasi spontan.
4. Bagaimana karakteristik enzim ligninase yang memiliki aktivitas tertinggi.
5. Apakah ada pengaruh penggunaan lindi yang mengandung mikroorganisme lignolitik terhadap proses biodelignifikasi TKKS fraksi serat panjang.
6. Bagaimana sifat lembaran *pulp* yang dihasilkan menggunakan TKKS fraksi serat panjang yang telah mengalami biodelignifikasi.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengkaji karakteristik kimia TKKS fraksi serat campuran setelah mengalami fermentasi secara spontan.
2. Mengisolasi dan karakterisasi mikroorganisme yang terkandung dalam TKKS fraksi serat campuran setelah mengalami fermentasi spontan dan lindi hasil fermentasi spontan.
3. Mengetahui aktivitas enzim ligninase yang dihasilkan dari mikroorganisme yang terdapat pada TKKS fraksi serat campuran setelah mengalami fermentasi spontan dan lindi hasil fermentasi spontan.
4. Mengetahui karakteristik enzim ligninase yang memiliki aktivitas tertinggi.
5. Mengkaji pengaruh penggunaan lindi sebagai agen biodelignifikasi pada TKKS fraksi serat panjang.
6. Mengkaji sifat lembaran *pulp* yang dihasilkan melalui proses biodelignifikasi.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Pemanfaatan TKKS yang merupakan limbah dari industri pengolahan minyak kelapa sawit, sebagai upaya penerapan produksi bersih.
2. Diperolehnya bahan baku *pulp* selain dari kayu dengan kadar lignin yang rendah.
3. Diperolehnya proses *pulping* yang lebih ramah lingkungan.

#### 1.5 Kebaruan Penelitian

Dari hasil penelitian ini didapat beberapa kebaruan yaitu:

1. Biodelignifikasi secara spontan dapat menurunkan kadar lignin pada TKKS fraksi serat campuran dengan persentase degradasi sebesar 25,95%. Hasil biodelignifikasi berupa serat dan lindi mengandung konsorsium kapang dan bakteri yang bersifat ligninolitik. Kapang dan bakteri tersebut menghasilkan enzim ligninase yang memiliki karakteristik pH dan suhu optimum berbeda. Hasil penelitian menunjukkan disamping kapang, bakteri juga memiliki potensi dalam menghasilkan ligninase.
2. Aplikasi lindi hasil dari proses biodelignifikasi spontan pada TKKS fraksi serat panjang dapat menguraikan lignin secara efektif. Hasil pengamatan persentase degradasi lignin dapat mencapai 6,94% dengan persentase degradasi kadar selulosa dan hemiselulosa lebih kecil.
3. Perlakuan pendahuluan (biodelignifikasi) TKKS fraksi serat panjang yang dilanjutkan dengan proses *pulping* dengan menggunakan NaOH dapat meningkatkan kualitas lembaran *pulp* yang dihasilkan secara signifikan dibandingkan tanpa adanya perlakuan pendahuluan.