

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan lingkungan akibat sampah plastik saat ini telah menjadi isu serius di berbagai negara, termasuk Indonesia. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2022), Indonesia menghasilkan sekitar 68 juta ton sampah per tahun, di mana sekitar 17% merupakan sampah plastik yang sulit terurai secara alami. Plastik konvensional yang banyak digunakan masyarakat umumnya berbahan dasar petroleum (minyak bumi), bersifat *non-degradable*, dan dapat bertahan di lingkungan selama ratusan tahun tanpa mengalami degradasi sempurna (Nguyen et al., 2023). Akumulasi limbah plastik di daratan dan lautan menyebabkan gangguan pada ekosistem, menurunkan kualitas tanah, mencemari sumber air, serta berpotensi masuk ke rantai makanan dalam bentuk mikroplastik (Papapetros et al., 2025).

Data dari *United Nations Environment Programme* (UNEP, 2021), sekitar 11 juta ton sampah plastik masuk ke laut setiap tahun dan diperkirakan jumlah ini akan meningkat dua kali lipat pada tahun 2040 apabila tidak ada upaya pengendalian yang signifikan. Indonesia sendiri disebut sebagai penyumbang terbesar kedua sampah plastik laut di dunia, setelah Tiongkok (KLHK, 2022). Kondisi ini menunjukkan urgensi yang tinggi untuk melakukan pengembangan material alternatif pengganti plastik konvensional yang lebih ramah lingkungan, dapat terurai secara alami, dan berasal dari sumber daya alam terbarukan (Dinda et al., 2024).

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah pemanfaatan biomassa lignoselulosa sebagai bahan baku pembuatan biopolimer atau film *degradable*. Biomassa lignin selulosa mengandung tiga komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang dapat diolah menjadi bahan polimer alami (Sukiran et al., 2021). Indonesia, sebagai negara dengan produksi kelapa sawit terbesar di dunia, memiliki potensi biomassa sangat besar yang sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal. Sektor industri kelapa sawit menghasilkan

berbagai jenis limbah padat seperti tandan kosong, cangkang, serat, dan pelepah kelapa sawit (*oil palm frond*). Dari seluruh bagian tersebut, pelepah kelapa sawit merupakan limbah yang paling melimpah dan sering kali hanya dibuang atau dibiarkan membusuk di kebun (Aldin et al., 2025).

Diperkirakan setiap hektar perkebunan kelapa sawit menghasilkan lebih dari 20 ton pelepah per tahun, sehingga jika dihitung secara nasional jumlah limbah pelepah mencapai ratusan juta ton setiap tahunnya (Sukiran et al., 2021). Pembakaran pelepah sawit sebagai cara pembuangan tradisional dapat menyebabkan pencemaran udara dan emisi gas rumah kaca, sedangkan pembusukan alami dapat menghasilkan metana yang turut memperburuk efek rumah kaca (Nguyen et al., 2023). Oleh sebab itu, diperlukan upaya pengolahan dan pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit menjadi produk bernilai tinggi yang sekaligus berperan dalam mitigasi dampak lingkungan.

Pelepah kelapa sawit memiliki potensi besar karena mengandung selulosa dalam jumlah tinggi, yaitu sekitar 40–45%, dengan hemiselulosa 25–30%, dan lignin 20–25% (Sukiran et al., 2021). Kandungan selulosa ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat (*reinforcement*) dalam pembuatan film biopolimer karena memiliki sifat *degradable*, tidak beracun, dan memiliki kekuatan mekanik yang baik (Papapetros et al., 2025). Selulosa sendiri merupakan polimer alami yang tersusun dari rantai panjang β -D-glukosa dengan ikatan $\beta(1\rightarrow4)$, memiliki banyak gugus hidroksil yang memungkinkan terbentuknya ikatan hidrogen antarmolekul sehingga meningkatkan kekuatan dan kestabilan struktural material (Nguyen et al., 2023). Selain itu, selulosa dapat diisolasi dari limbah pelepah kelapa sawit melalui proses kimia seperti delignifikasi dan *bleaching*, menghasilkan serat murni yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang material seperti kertas, biofilm, dan biokomposit (Aldin et al., 2025).

Diperkirakan untuk menghasilkan film *degradable* yang memiliki sifat mekanik dan morfologi yang baik, selulosa biasanya dikombinasikan dengan *Polyvinyl Alcohol* (PVA). PVA adalah polimer sintesis yang bersifat larut air, mudah membentuk film, tidak beracun, dan *degradable* (Raei et al., 2025). PVA banyak digunakan sebagai matriks film karena memiliki kekuatan tarik tinggi,

elastisitas yang baik, dan kompatibilitas tinggi dengan biopolimer alami. Kehadiran gugus hidroksil pada struktur PVA memungkinkan terjadinya interaksi kuat dengan gugus hidroksil dari selulosa melalui ikatan hidrogen, sehingga menghasilkan komposit film yang homogen, kuat, dan stabil secara termal (Papapetros et al., 2025). Penambahan selulosa ke dalam matriks PVA juga terbukti dapat meningkatkan kekuatan tarik (*tensile strength*), menurunkan laju transmisi uap air (WVTR), serta mempercepat biodegradasi film ketika terpapar lingkungan alami (Nguyen et al., 2023).

Dilihat dari isi lingkungan dan ekonomi, pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku film *degradable* memberikan nilai tambah yang signifikan. Secara lingkungan, pemanfaatan ini dapat juga membantu mengurangi volume limbah organik di perkebunan dan mengurangi ketergantungan terhadap plastik berbasis minyak bumi (Dinda et al., 2024). Dari sisi ekonomi, inovasi ini dapat membuka peluang pengembangan produk hijau (*green product*) yang mendukung konsep ekonomi sirkular dan industri berkelanjutan (Aldin et al., 2025). Selain itu, perkembangan film *degradable* berbasis selulosa–PVA dapat diaplikasikan untuk berbagai kebutuhan seperti kemasan ramah lingkungan, kantong belanja, dan pelapis *degradable* yang aman bagi lingkungan (Raei et al., 2025).

Berbagai penelitian mengenai pembuatan film *degradable* berbasis polimer alami seperti pati, kitosan, dan selulosa telah banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan dalam hal sumber bahan baku dan karakteristik film yang dihasilkan. Beberapa peneliti seperti Nguyen et al. (2023) dan Dinda et al. (2024) memang berhasil meningkatkan sifat mekanik film dengan penambahan filler selulosa, tetapi penelitian tersebut masih menggunakan sumber selulosa komersial atau bahan pertanian utama (seperti batang pisang, serbuk kayu, atau ampas tebu) yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Selain itu, sebagian penelitian belum membahas secara mendalam pengaruh variasi proses kimia (alkalisasi dan *bleaching*) terhadap kemurnian selulosa dan hubungan langsungnya dengan sifat *degradability* film.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, penelitian ini difokuskan pada proses isolasi selulosa dari limbah pelepah kelapa sawit melalui perlakuan alkalisasi serta pemanfaatannya dalam pembuatan film *degradable* berbasis PVA. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi alkalisasi terhadap karakteristik selulosa limbah pelepah sawit?
2. Bagaimana karakterisasi film *degradable* berbasis limbah pelepah sawit dan PVA?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan menganalisis proses pembuatan serta karakteristik film *degradable* berbasis selulosa limbah pelepah kelapa sawit dan PVA (*Polyvinyl Alcohol*) dengan variasi perlakuan alkalisasi NaOH. Adapun tujuan penelitian secara rinci adalah sebagai berikut:

1. Menentukan pengaruh variasi konsentrasi alkalisasi terhadap karakteristik selulosa limbah pelepah sawit.
2. Menentukan karakterisasi film *degradable* berbasis PVA dan selulosa limbah pelepah kelapa sawit.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dalam pelaksanaan penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Memberikan alternatif pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku material ramah lingkungan.
2. Mendukung pengembangan film *degradable* sebagai pengganti plastik konvensional.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan selulosa dilakukan melalui perlakuan alkalisasi menggunakan larutan NaOH.
2. Sintetis selulosa limbah pelepah kelapa sawit melalui proses alkalisasi menggunakan variasi konsentrasi NaOH (5%, 6%, 7%, 8%, 9%).
3. Karakteristik selulosa berdasarkan hasil uji Mekanis, uji FTIR, uji biodegradabilitas, uji TGA, dan SEM.
4. Film *degradable* berbasis PVA dengan bahan penguat (*reinforcement*) selulosa limbah pelepah kelapa sawit.