

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Penggunaan plastik konvensional sebagai kemasan masih mendominasi industri karena sifatnya yang ringan, kuat, fleksibel, dan murah. Plastik berbasis petrokimia memiliki kelemahan utama yaitu tidak *biodegradable* sehingga sulit terurai di lingkungan dan berkontribusi terhadap pencemaran tanah maupun perairan (Cheng dkk., 2022). Akumulasi limbah plastik dalam jangka panjang dapat mengganggu ekosistem serta menghasilkan mikroplastik yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Sebagian besar plastik konvensional tidak memiliki sifat antibakteri aktif, sehingga tidak mampu mencegah pertumbuhan mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan kerusakan dan penurunan keamanan produk (Li dkk., 2021). Kebutuhan akan material kemasan yang *biodegradable* dan memiliki sifat antibakteri semakin meningkat, sehingga mendorong pencarian alternatif kemasan yang bisa terurai dan ramah lingkungan. Material kemasan tersebut berpotensi digunakan pada produk yang rentan terhadap kontaminasi mikroba, seperti produk pangan, serta berbagai produk lain yang memerlukan kondisi higienis selama penyimpanan. Solusi yang berkembang adalah penggunaan biopolimer berbasis bahan alami yang bersifat *biodegradable* dan tidak beracun (Liu dkk., 2021).

Biopolimer berbasis bahan alam yang bersifat *biodegradable* dan dapat diformulasikan menjadi film kemasan diantaranya adalah karboksimetil selulosa (CMC) (Li dkk., 2021). Karboksimetil selulosa merupakan turunan selulosa yang

larut dalam air, mudah membentuk film, tidak beracun, serta *biodegradable*. Struktur CMC yang mengandung gugus hidroksil (-OH) dan karboksimetil (-CH₂COO⁻) memungkinkan terbentuknya jaringan film melalui interaksi ikatan hidrogen antar rantai polimer (Li dkk., 2021). Film berbasis CMC memiliki transparansi yang baik dan kemampuan pembentukan film yang tinggi, sehingga berpotensi sebagai bahan dasar kemasan. Film CMC murni memiliki kelemahan pada sifat mekanik dan ketahanan terhadap uap air akibat sifatnya yang hidrofilik, serta tidak adanya aktivitas antibakteri intrinsik, sehingga perlu dikombinasikan dengan material lain untuk meningkatkan performanya (Arroyo dkk., 2020).

Peningkatan sifat fleksibilitas film dan penambahan fungsi aktif antibakteri berbasis bahan alam, dapat digunakan kopolimer turunan eugenol, yaitu kopolimer eugenol dialil ftalat (PEGDAF). Eugenol merupakan senyawa fenolik utama dalam minyak cengkeh yang menunjukkan adanya aktivitas antibakteri melalui mekanisme perusakan membran sel dan denaturasi protein mikroba (Jeyakumar & Lawrence, 2021). Penggunaan eugenol sebagai komponen matriks film kemasan masih memiliki beberapa keterbatasan. Eugenol dalam bentuk monomer bersifat volatil dan memiliki kestabilan yang rendah. Kopolimerisasi eugenol dengan dialil ftalat yang memiliki dua gugus alil reaktif mampu membentuk struktur jaringan silang (*crosslinked polymer network*) yang lebih stabil dan kuat (Ngadiwiyana dkk., 2023). Pembentukan kopolimer PEGDAF menghasilkan material dengan stabilitas yang lebih baik dibandingkan eugenol monomer yang mudah menguap. Integrasi PEGDAF ke dalam matriks CMC diharapkan mampu memperbaiki sifat fleksibilitas film melalui interaksi antarmolekul dan pembentukan jaringan polimer.

Penambahan agen antibakteri anorganik seperti seng oksida (ZnO) juga menjadi strategi yang efektif dalam pengembangan kemasan aktif. Seng oksida mampu menghambat aktivitas pertumbuhan bakteri Gram-positif dan Gram-negatif melalui mekanisme pembentukan *reactive oxygen species* (ROS), pelepasan ion Zn^{2+} , serta interaksi langsung dengan membran sel mikroorganisme (Phothisarattana & Harnkarnsujarit, 2022; Roy & Rhim, 2020). Seng oksida juga berfungsi meningkatkan kuat tarik film serta sifat *barrier* terhadap uap air dan oksigen karena kemampuannya membentuk struktur komposit yang lebih padat dalam matriks polimer (Arroyo dkk., 2020). Badan pengawas pangan seperti *Food and Drug Administration* (FDA) telah mengakui ZnO sebagai bahan yang aman dalam batas tertentu untuk aplikasi kemasan pangan (Cheng & Wang, 2023). Penambahan ZnO dalam sistem CMC/kopolimer diharapkan dapat membentuk film dengan karakteristik mekanik yang baik, aktivitas antibakteri yang efektif, serta stabilitas fisik yang lebih tinggi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa kombinasi CMC dan ZnO mampu meningkatkan kekuatan mekanik serta menunjukkan aktivitas antibakteri (Cheng & Wang, 2023; Li dkk., 2021). Kajian mengenai sistem komposit berbasis CMC/PEGDAF/ZnO sebagai material kemasan antibakteri masih terbatas, khususnya dalam aspek sintesis kopolimer eugenol dialil ftalat yang terintegrasi dalam matriks CMC. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi potensi sinergistik antara CMC sebagai matriks *biodegradable*, PEGDAF sebagai agen antibakteri berbasis fenolik dan peningkat fleksibilitas, serta ZnO sebagai antibakteri anorganik dan penguat matriks.

Berdasarkan uraian tersebut, film komposit CMC/PEGDAF/ZnO dengan sifat antibakteri memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai material kemasan. Karakterisasi secara komprehensif diperlukan untuk mengevaluasi sifat-sifat film yang dihasilkan sehingga dapat mendukung pengembangan kemasan antibakteri yang ramah lingkungan.

I.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pemaparan latar belakang yang telah disajikan, tujuan penelitian ini disusun sebagai berikut:

1. Sintesis kopolimer eugenol dialil ftalat (PEGDAF).
2. Sintesis film lapis tipis komposit CMC/PEGDAF/ZnO.
3. Penentuan sifat fisik mencakup nilai kuat tarik (TS), persen perpanjangan (E%), sudut kontak, *biodegradable*, dan aktivitas antibakteri film komposit CMC/PEGDAF/ZnO pada variasi konsentrasi ZnO sebagai bahan kemasan.