

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pangan global terus berkembang seiring dengan meningkatnya kesadaran konsumen akan keamanan, kualitas, dan umur simpan produk. Meningkatnya kebutuhan akan pangan yang berkualitas juga diiringi oleh tingginya angka kehilangan pangan pada tahap produksi, distribusi, hingga konsumsi. *Food and Agriculture Organization* (FAO) menyatakan bahwa sekitar sepertiga makanan di dunia terbuang sia-sia (*food loss*)¹. Berdasarkan laporan *Food Waste Index Report* oleh *United Nations Environment Programme* (UNEP), Indonesia merupakan negara penghasil sampah makanan (*food waste*) rumah tangga terbesar di kawasan Asia Tenggara. Sejalan dengan data tersebut, Badan Pangan Nasional (BPN) Indonesia melaporkan bahwa sampah sisa pangan di Indonesia mencapai 115-184 Kg per kapita setiap tahun. Salah satu faktor penyebab tingginya kehilangan pangan adalah kurang efektifnya sistem pengemasan dalam mempertahankan kualitas produk selama proses distribusi dan penyimpanan. *Food loss and waste* (FLW) dapat menimbulkan berbagai dampak, antara lain peningkatan emisi gas rumah kaca, kerugian ekonomi, serta berkurangnya nilai gizi pangan yang dikonsumsi masyarakat. Hal ini menjadikan kemasan sebagai salah satu elemen penting dalam mempertahankan mutu produk dan mengurangi pemborosan pangan². Di sisi lain, ketergantungan industri terhadap kemasan plastik sintesis berbasis minyak bumi memicu akumulasi limbah yang sulit terdegradasi dan mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan kemasan ramah lingkungan yang bersifat *biodegradable* sekaligus memiliki fungsi aktif dalam melindungi bahan pangan.

Di antara berbagai komoditas pangan, produk bakeri seperti roti tawar merupakan salah satu penyumbang FLW yang tinggi akibat kerentanannya terhadap kerusakan biologis. Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan bahwa konsumsi roti di Indonesia meningkat rata-rata 8,4% per tahun³. Meningkatnya konsumsi roti tersebut perlu diimbangi dengan upaya untuk mempertahankan mutu dan memperpanjang umur simpan roti selama distribusi dan penyimpanan. Karakteristik roti tawar yang memiliki kadar air yang relatif tinggi menjadikannya media yang ideal bagi mikroorganisme perusak, terutama kapang dari genus *Penicillium* sp. Kontaminasi kapang ini tidak hanya menyebabkan kerusakan visual pada permukaan roti, tetapi juga berpotensi menghasilkan mikotoksin yang membahayakan kesehatan konsumen. Kondisi tersebut menyebabkan umur simpan roti tawar sangat singkat yaitu berkisar antara 2-4 hari pada suhu ruang. Untuk menekan angka FLW pada produk bakeri ini, diperlukan kemasan aktif yang mampu menghambat pertumbuhan kapang dan mempertahankan kualitas fisik roti lebih lama⁴.

Berbagai inovasi telah dilakukan untuk memperpanjang umur simpan roti salah satunya melalui pengembangan teknologi kemasan. Pengembangan kemasan aktif berbasis biopolimer menjadi salah satu pendekatan potensial karena kemasan ini terdiri dari polimer

sebagai matriks dengan tambahan bahan penguat (*filler*) dari bahan alam yang ramah lingkungan. Selain itu, kemasan aktif dapat mengandung berbagai bahan yang bersifat sebagai agen antimikroba, antioksidan, maupun sebagai penyerap kelembapan sehingga berpotensi menjaga kualitas fisik produk selama penyimpanan⁵. Salah satu biopolimer yang paling banyak digunakan dalam pengembangan kemasan biokomposit adalah kitosan. Kitosan merupakan biopolimer hasil deasetilasi kitin yang umumnya diperoleh dari limbah cangkang udang, kepiting, atau hewan krustasea lainnya. Kitosan bersifat kompatibel dan mudah membentuk film, serta memiliki aktivitas antimikroba alami melalui interaksi elektrostatik antara gugus amina bermuatan positif dengan dinding sel mikroba. Namun, film kitosan murni masih memiliki keterbatasan berupa keterbatasan sifat mekanik dan sensitivitas terhadap kelembapan sehingga menurunkan stabilitas fisik serta efektivitasnya dalam melindungi produk pangan berkadar air tinggi seperti roti tawar. Untuk mengatasi kelemahan sifat mekanik tersebut, film kitosan sering dikombinasikan dengan material lain untuk meningkatkan sifat mekaniknya salah satunya dengan penambahan *microcrystalline cellulose* (MCC)⁶.

MCC merupakan turunan selulosa dengan derajat kristalinitas yang tinggi yang diperoleh melalui hidrolisis parsial selulosa. MCC banyak digunakan sebagai bahan penguat pada biokomposit karena memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, luas permukaan yang besar, stabilitas termal yang baik, serta kemampuan membentuk interaksi antarmolekul yang kuat dengan matriks polimer. Ketika terdispersi ke dalam matriks kitosan, partikel MCC bertindak sebagai pengisi jaringan antar rantai polimer yang membatasi pergerakan rantai kitosan saat menerima beban mekanis. Interaksi ikatan hidrogen yang kuat antara gugus hidroksil pada kitosan dan MCC terbukti mampu meningkatkan kekuatan tarik, dan stabilitas struktur film yang dihasilkan⁷.

Selain perbaikan mekanik, karakteristik film terhadap paparan uap air perlu dikendalikan melalui penambahan bahan pengisi (*filler*) anorganik salah satunya menggunakan zeolit. Zeolit memiliki struktur aluminosilikat berpori mikro yang mampu berfungsi sebagai pengatur kelembapan dengan menyerap molekul air maupun melepaskannya melalui pori. Zeolit dapat diperoleh dari sumber alam seperti batuan vulkanik atau dibuat secara sintetik untuk mengontrol ukuran porinya. Zeolit juga memiliki luas permukaan yang besar dan kapasitas pertukaran ion yang tinggi, sehingga berpotensi digunakan sebagai *host support* untuk menstabilkan zat aktif dalam matriks film⁸.

Meskipun kitosan memiliki sifat antimikroba alami, efektivitasnya dalam menekan pertumbuhan kapang khususnya *Penicillium* sp. masih perlu ditingkatkan melalui penambahan zat aktif fungsional berupa nanopartikel perak (AgNPs). Perak merupakan logam yang bersifat non-toksik serta efektif sebagai agen antimikroba dan antijamur. Perak dalam skala nano memiliki aktivitas antibakteri dan antijamur dengan spektrum luas yang kuat, dengan merusak membran sel mikroba dan fungsi internal sel⁹. Penggabungan AgNPs

ke dalam pori zeolit terbukti mampu memberikan efek pelepasan zat aktif yang terkendali ke permukaan pangan. Berbagai penelitian telah melaporkan bahwa zeolit alam yang didoping dengan AgNPs memiliki sifat antibakteri terhadap jerawat, dan memiliki sifat antijamur terhadap *Aspergillus niger* dan *Penicillium janthinellum* yang umum tumbuh pada roti¹⁰. Zeolit yang didoping dengan AgNPs juga mampu meningkatkan stabilitas struktural, sifat mekanik film, kekuatan tarik, dan *modulus Young* pada film komposit pektin⁸.

Berdasarkan potensi tersebut, penggabungan antara matriks kitosan dengan penguat organik MCC, dan zeolit yang terimpregnasi AgNPs memberikan peluang yang baik dalam pengembangan material kemasan aktif fungsional. Hingga saat ini, belum terdapat laporan ilmiah mengenai film komposit kitosan-MCC-zeolit/AgNPs yang diaplikasikan sebagai kemasan roti. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan film komposit berbasis kitosan-MCC dengan penambahan zeolit terimpregnasi AgNPs pada berbagai konsentrasi sebagai kemasan aktif yang berpotensi memperpanjang umur simpan roti.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah pencampuran kitosan, MCC, zeolit terimpregnasi AgNPs dapat menghasilkan film komposit kitosan-MCC-zeolit/AgNPs untuk kemasan roti yang *biodegradable*?
2. Bagaimana karakteristik sifat mekanik (kuat tarik, *modulus Young*, elongasi), opasitas, biodegradabilitas, dan aktivitas antijamur dari film komposit kitosan-MCC-zeolit/AgNPs hasil sintesis?
3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi AgNPs yang diimpregnasikan ke dalam zeolit pada film komposit kitosan-MCC-zeolit/AgNPs terhadap umur simpan roti?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mensintesis film komposit berbasis kitosan-MCC-zeolit/AgNPs
2. Mempelajari sifat mekanik (kuat tarik, *modulus Young*, elongasi), opasitas, biodegradabilitas, dan aktivitas antijamur dari film komposit kitosan-MCC-zeolit/AgNPs hasil sintesis.
3. Mempelajari pengaruh variasi konsentrasi AgNPs yang diimpregnasikan ke dalam zeolit pada film komposit kitosan-MCC-zeolit/AgNPs terhadap umur simpan roti.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai karakteristik film komposit kitosan-MCC-zeolit/AgNPs yang berpotensi digunakan sebagai kemasan aktif untuk memperpanjang umur simpan roti.