

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi alpukat di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahun, di mana pada tahun 2024 total produksi alpukat mencapai 919.508,558 ton dan tahun 2025 produksi alpukat mencapai 1.069.676,028 ton (Badan Pusat Statistik., 2026). Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi dengan kontribusi signifikan terhadap total produksi alpukat nasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik. (2026), produksi alpukat di Sumatera Barat mencapai 114.443,139 ton. Buah ini diminati karena teksturnya lembut, kandungan minyaknya tinggi, dan cita rasanya gurih sehingga permintaan pasar terus meningkat. Permasalahan muncul karena alpukat termasuk buah klimakterik yang menghasilkan gas etilen (C_2H_4) setelah panen sehingga proses pematangan berlangsung cepat dan umur simpan relatif singkat. Distribusi ke konsumen menjadi tantangan karena perubahan kualitas buah tidak terlihat secara visual.

Gas etilen dikenal sebagai hormon pematangan yang mempercepat perubahan tekstur, warna, dan aroma pada buah, termasuk alpukat. Label indikator mampu memberikan informasi visual tentang kondisi produk melalui indikator berbasis perubahan warna yang merespons gas atau pH tertentu (Puebla-Duarte *et al.*, 2023). Salah satu pendekatan yang banyak diteliti adalah penggunaan senyawa kimia sebagai indikator yang diinkorporasikan dalam matriks film.

Penelitian terdahulu telah mencoba berbagai pemanfaatan polimer sintesis maupun alami untuk mendukung sistem indikator warna. Film berbasis *polyvinyl alcohol* (PVA) yang dikombinasikan dengan kalium permanganat ($KMnO_4$) telah diuji sebagai penyerap sekaligus indikator gas etilen, tetapi residu hasil $KMnO_4$ dinilai kurang aman karena meninggalkan mangan dalam bentuk oksida yang bersifat toksik pada konsentrasi tinggi (Syamsu

et al., 2016). Indikator berbasis PVA juga memiliki kelemahan pada sifat mekanik karena sifatnya yang mudah menyerap air sehingga film mudah retak atau mengembang saat kelembaban tinggi (Warsiki *et al.*, 2011). Iskandar *et al.*, (2020) mengembangkan label indikator berbasis amonium molibdat dengan penambahan hidrogen peroksida dalam matriks PVA. Formula tersebut mampu mendeteksi etilen melalui perubahan warna dari kuning menjadi hijau kekuningan, namun hasilnya masih menunjukkan kelemahan berupa munculnya gelembung udara dan distribusi warna yang tidak homogen. Hal ini menunjukkan bahwa masih diperlukan perbaikan pada matriks film agar reagen molibdat dapat terdistribusi lebih homogen dan menghasilkan karakteristik label yang lebih baik.

Berdasarkan beberapa temuan tersebut, diperlukan matriks biopolimer yang memiliki sifat mekanik baik, aman untuk pangan, serta mampu mendukung kestabilan warna indikator. Beberapa penelitian nasional menunjukkan bahwa kitosan memiliki sifat mekanik dan *barrier* yang lebih baik dibandingkan PVA. Kitosan merupakan biopolimer alami yang banyak diteliti karena sifatnya yang dapat membentuk film tipis, bersifat antimikroba, transparan, memiliki permeabilitas rendah terhadap gas dan uap air (Reshad *et al.*, 2021; Aranaz *et al.*, 2021). Film kitosan dengan derajat deasetilasi lebih dari 90% menunjukkan kekuatan tarik yang tinggi serta ketahanan terhadap transmisi uap air (S *et al.*, 2025). Selain itu, gugus amina bebas ($-NH_2$) pada kitosan bermuatan positif dalam kondisi asam dapat terjadi interaksi ionik dengan ion molibdat yang bermuatan negatif (MoO_4^{2-}) sehingga terbentuk kompleks yang stabil dalam matriks film. Interaksi tersebut meningkatkan keterikatan molibdat di dalam kitosan untuk membantu mempertahankan kestabilan warna sebelum bereaksi dengan etilen (Fern *et al.*, 2023). Mempertimbangkan keunggulan tersebut, kitosan dipilih sebagai matriks alternatif untuk menggantikan penggunaan PVA atau pati pada label indikator

berbasis molibdat. Oleh karena itu, peneliti mengangkat topik mengenai pemanfaatan kitosan sebagai matriks indikator molibdat.

Meskipun pengembangan label indikator dalam penelitian ini didasarkan pada prinsip respons amonium molibdat terhadap gas etilen, penelitian ini tidak melakukan pengujian secara langsung terhadap konsentrasi gas etilen yang dihasilkan selama penyimpanan buah alpukat. Hal tersebut disebabkan oleh keterbatasan fasilitas laboratorium, khususnya tidak tersedianya standar gas etilen dan peralatan pendukung untuk analisis kuantitatif gas. Oleh karena itu, penelitian difokuskan pada evaluasi karakteristik label indikator berbasis kitosan-amonium molibdat melalui perubahan warna dan *Water Vapor Transmission Rate* (WVTR), serta respons perubahan warna label selama penyimpanan buah alpukat yang dikaitkan dengan perubahan karakteristik buah berupa kekerasan dan total padatan terlarut (TPT). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan label indikator berbasis biopolimer yang selanjutnya dapat diuji secara langsung terhadap respons gas etilen pada penelitian mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini disusun dengan mengamati pengaruh variasi konsentrasi kitosan dan amonium molibdat terhadap karakteristik label indikator berdasarkan perubahan warna dan nilai *water vapor transmission rate* (WVTR) selama penyimpanan buah alpukat?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini disusun untuk menjawab rumusan masalah di atas, yaitu untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi kitosan dan amonium molibdat terhadap karakteristik label indikator berdasarkan perubahan warna dan nilai *water vapor transmission rate* (WVTR).

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan memberi kontribusi pada pengembangan kemasan cerdas berbasis material hibrida alami-sintetis. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya literatur mengenai pengembangan label indikator berbasis biopolimer kitosan-amonium molibdat serta memberikan informasi mengenai karakteristik perubahan warna dan nilai WVTR sebagai dasar pengembangan kemasan cerdas. Hasil penelitian diharapkan menjadi informasi awal dalam pengembangan label indikator berbasis kitosan-amonium molibdat untuk aplikasi penyimpanan buah klimakterik serta menjadi referensi bagi penelitian lanjutan mengenai pengembangan label indikator.

1.5 Hipotesis

Variasi konsentrasi kitosan dan amonium molibdat diduga memengaruhi karakteristik label indikator melalui perubahan warna yang terjadi. Perbedaan komposisi kedua bahan tersebut juga diduga memengaruhi nilai *water vapor transmission rate* (WVTR). Oleh karena itu, pengaruh variasi konsentrasi terhadap perubahan warna dan nilai WVTR perlu dianalisis untuk mengevaluasi kinerja label indikator.