

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bunga Sepatu (*hibiscus rosa-sinensis*) merupakan tanaman perdu suku Malvaceae yang berasal dari Asia Timur dan banyak dibudidayakan sebagai tanaman hias pada daerah tropis maupun subtropis. Warna bunga yang merah menjadikan bunga sepatu sebagai tanaman hias yang tak hanya menawarkan estetika, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai obat tradisional untuk pengobatan serta pewarna alami yang terbatas penggunaannya (Sadeghi et al., 2017). Spesies ini dikenal sebagai salah satu tanaman bunga pangan yang cukup populer karena kandungan vitamin, tiamin, asam askorbat, niasin, riboflavin, serta antosianin yang menunjukkan efektivitas sebagai sumber senyawa bioaktif dengan biaya yang lebih rendah (Oliveira et al., 2023). Kandungan antosianin tersebut menjadi komponen utama yang menarik perhatian dalam berbagai penelitian karena sifat fungsionalnya yang khas.

Antosianin merupakan pigmen alami yang sensitif terhadap perubahan pH lingkungan. Sensitivitas ini berkaitan erat dengan perubahan struktur kimia antosianin akibat kondisi asam atau basa disekitarnya, sehingga menghasilkan variasi warna yang khas. Pada kondisi asam, antosianin akan menunjukkan warna merah, sedangkan pada kondisi basa warnanya berubah menjadi biru atau ungu. Keunikan ini menjadikan antosianin sebagai kandidat potensial untuk indikator visual alami dalam sistem pengawasan mutu pangan, khususnya untuk mendeteksi tingkat kesegaran produk pangan berbasis pH (Mutoharoh et al., 2020).

Indikator visual berbasis perubahan pH banyak digunakan karena mampu memberikan informasi kesegaran secara cepat, praktis, dan mudah diamati. Indikator semacam ini umumnya diaplikasikan langsung pada kemasan pangan agar dapat memantau kondisi produk selama proses penyimpanan dan distribusi (D. Liu et al., 2022). Oleh karena itu, pemanfaatan antosianin sebagai indikator pH alami sangat relevan untuk diintegrasikan ke dalam sistem *smart packaging* sebagai sarana pemantauan kesegaran pangan secara *real-time* melalui perubahan warna yang mudah dipahami oleh konsumen.

Meskipun memiliki potensi yang besar, pemanfaatan antosianin sangat dipengaruhi oleh metode ekstraksi yang digunakan. Antosianin dikenal sebagai senyawa yang sensitif terhadap suhu tinggi, cahaya, oksigen, serta kondisi lingkungan lainnya, sehingga proses ekstraksi menjadi tahap krusial dalam menentukan kualitas dan stabilitas ekstrak yang dihasilkan. Metode konvensional yang umum digunakan untuk ekstraksi antosianin antara lain maserasi (Purnama, 2021) dan soxhletasi (Inbarajan et al., 2022). Namun, kedua metode tersebut memiliki berbagai keterbatasan, seperti waktu ekstraksi yang lama, penggunaan suhu tinggi, serta paparan terhadap oksigen dan cahaya yang berpotensi merusak struktur antosianin (Tena & Asuero, 2022). Selain itu, metode konvensional cenderung boros energi dan menghasilkan limbah kimia yang kurang ramah lingkungan (Yuniati et al., 2024).

Seiring berkembangnya teknologi, metode ekstraksi modern mulai banyak dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas ekstrak antosianin. Penelitian Fauziyah et al. (2022) menunjukkan bahwa metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) dan *Ultrasonic-Assisted Extraction* (UAE) mampu menghasilkan rendemen yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode maserasi. Rendemen total yang diperoleh melalui maserasi hanya sebesar 43,176%, sedangkan metode MAE mencapai 69,218% dan metode UAE sebesar 69,286%. Peningkatan rendemen ini menunjukkan bahwa metode modern lebih efektif dalam mengekstraksi senyawa aktif karena mampu memecah dinding sel bahan secara lebih optimal melalui pemanasan cepat pada MAE atau efek kavitas ultrasonik pada UAE, sehingga proses perpindahan massa antara pelarut dan bahan menjadi lebih efisien.

Perbandingan antara metode MAE dan UAE menjadi penting karena keduanya merupakan metode ekstraksi modern yang menawarkan efisiensi tinggi dibandingkan metode konvensional (Fauziyah et al., 2022). Meskipun sama-sama meningkatkan perpindahan massa, kedua metode tersebut bekerja dengan prinsip fisik yang berbeda. Metode MAE memanfaatkan radiasi gelombang mikro untuk memanaskan pelarut dan sampel secara cepat dan merata, sehingga pelarut lebih mudah menembus matriks bahan dan mempercepat pelarutan senyawa aktif (Kumar et al., 2019). Sementara itu, metode UAE menggunakan gelombang ultrasonik yang

menghasilkan efek kavitasi berupa pembentukan dan pecahnya gelembung mikro dalam pelarut, yang membantu merusak dinding sel bahan dan meningkatkan kontak antara pelarut dan senyawa aktif (Handaratri & Yuniati, 2019).

Perbedaan mekanisme kerja tersebut tidak hanya berpengaruh terhadap efisiensi ekstraksi, tetapi juga berpotensi mempengaruhi karakteristik antosianin yang dihasilkan. Meskipun MAE dan UAE dilaporkan mampu mempertahankan stabilitas dan aktivitas antosianin (Ngoc Nhon et al., 2022), karakter ekstrak yang diperoleh belum tentu memberikan performa yang optimal ketika diaplikasikan sebagai indikator kesegaran pangan. Sifat ekstrak seperti kestabilan warna, sensitivitas terhadap perubahan pH, serta kesesuaiannya untuk diintegrasikan ke dalam sistem pengemasan pangan sangat ditentukan oleh metode ekstraksi yang digunakan. Oleh karena itu, kajian komprehensif mengenai perbedaan efektivitas MAE dan UAE dalam konteks aplikasi indikator kesegaran masih diperlukan.

Antosianin hasil ekstraksi memiliki keterbatasan dalam penggunaannya secara langsung pada sistem smart packaging karena kestabilannya yang rendah, sehingga memerlukan suatu sistem aplikasi yang mampu mempertahankan aktivitas dan respons warnanya. Analisis kolorimetri berdasarkan pada perubahan warna suatu bahan akibat terjadinya reaksi kimia, umumnya terjadi pada medium cair, namun kondisi ini dapat dimodifikasi menjadi sensor melalui proses imobilisasi (Thohir & Sabila, 2021). Oleh karena itu, antosianin umumnya tidak digunakan dalam bentuk bebas, melainkan diimobilisasi ke dalam matriks polimer untuk meningkatkan kestabilan dan kinerja fungsionalnya. Imobilisasi antosianin dalam matriks polimer memungkinkan terbentuknya film atau membran indikator pH yang mampu memberikan respons perubahan warna secara stabil terhadap lingkungan. Pemilihan jenis matriks polimer menjadi faktor penting karena matriks tidak hanya berfungsi sebagai penyangga antosianin, tetapi juga mempengaruhi stabilitas, homogenitas, serta sensitivitas respons warna terhadap perubahan pH (Safitri et al., 2021).

Salah satu matriks polimer yang banyak digunakan dalam pembuatan film indikator adalah membran selulosa karena memiliki karakteristik yang mendukung aplikasi indikator kesegaran pangan. Membran selulosa memiliki luas permukaan yang besar dan struktur berpori, sehingga memungkinkan terjadinya interaksi yang

efektif antara antosianin yang terimobilisasi dan perubahan kondisi lingkungan di sekitarnya. Karakteristik tersebut tidak hanya mendukung proses imobilisasi zat warna secara lebih efisien, tetapi juga memfasilitasi respon film terhadap perubahan pH yang terjadi selama proses pembusukan pangan. Perubahan pH ini selanjutnya memicu perubahan warna pada film indikator, sehingga film dapat berfungsi sebagai penanda visual tingkat kesegaran produk secara mudah dan informatif (Fitriani et al., 2022).

Selain kemampuan menunjukkan perubahan warna secara visual, keberhasilan film indikator dalam sistem smart packaging juga ditentukan oleh stabilitas respons warna selama masa penyimpanan serta kompatibilitas film dengan produk pangan yang dipantau. Film indikator berbasis antosianin perlu memiliki kestabilan warna yang baik agar dapat memberikan informasi kesegaran pangan secara konsisten selama proses penyimpanan. Selain itu, penggunaan matriks polimer yang sesuai menjadi faktor penting untuk memastikan film indikator aman digunakan, tidak mengganggu kualitas produk pangan, serta mampu berinteraksi dengan lingkungan kemasan secara efektif (Yessica, 2023). Oleh karena itu, sinergi antara kualitas ekstrak antosianin, metode ekstraksi yang digunakan, serta karakteristik matriks polimer menjadi aspek penting yang perlu dikaji secara terpadu untuk menghasilkan sistem indikator kesegaran yang andal dan aplikatif.

Film indikator berbasis antosianin tersebut menjadi semakin relevan ketika diaplikasikan pada produk pangan yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap kerusakan mikrobiologis dan memerlukan sistem deteksi kesegaran yang praktis, cepat, dan ekonomis. Salah satu produk pangan dengan karakteristik tersebut adalah susu kedelai. Susu kedelai banyak dikonsumsi sebagai alternatif susu hewani, terutama bagi penderita intoleransi laktosa dan kelompok vegetarian (Vanga & Raghavan, 2018). Namun, susu kedelai tidak mengandung asam laktat alami sebagaimana susu hewani, sehingga lebih rentan mengalami kerusakan akibat kontaminasi mikroba patogen (Mäkinen et al., 2016). Kerentanan ini diperparah oleh praktik pengemasan yang masih sederhana dan kurang higienis pada sebagian besar produsen susu kedelai skala UMKM di Indonesia, yang umumnya belum

dilengkapi dengan indikator visual untuk mendeteksi penurunan mutu produk secara dini (Firdaus et al., 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, pengembangan indikator kesegaran berbasis antosianin dari bunga sepatu merupakan pendekatan yang potensial untuk diaplikasikan dalam sistem *smart packaging* pangan. Namun, kinerja indikator sangat dipengaruhi oleh metode ekstraksi antosianin serta strategi imobilisasinya dalam matriks polimer. Perbedaan metode MAE dan UAE berpotensi menghasilkan karakteristik ekstrak yang berbeda, yang selanjutnya mempengaruhi kestabilan warna dan respons pH film indikator. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada perbandingan metode MAE dan UAE serta aplikasinya dalam film indikator berbasis membran selulosa untuk deteksi kesegaran susu kedelai. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan sistem indikator kesegaran yang efektif, praktis, dan berpotensi diaplikasikan pada produk pangan rentan, khususnya oleh produsen skala kecil dan konsumen rumah tangga.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dipaparkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu pada metode ekstraksi MAE terhadap antosianin yang berhasil terekstrak?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu pada metode ekstraksi UAE terhadap antosianin yang berhasil terekstrak?
3. Bagaimana efektivitas indikator visual dalam mendeteksi tingkat kesegaran susu kedelai?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu pada metode ekstraksi MAE
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu pada metode ekstraksi UAE
3. Mengetahui efektivitas indikator visual yang telah diimobilisasi antosianin terhadap pemantauan kesegaran susu kedelai