

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kulit ari kedelai merupakan salah satu limbah agroindustri yang memiliki potensi tinggi sebagai sumber pektin alami. Proses pengolahan kedelai menjadi berbagai produk turunan seperti tempe, tahu, dan susu kedelai (Lestari, 2023). Kulit ari kedelai dilaporkan mengandung pektin sebesar 13,15%, serta serat kasar, selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Lestari, 2023), sehingga berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pektin alternatif yang ekonomis dan berkelanjutan. Mengingat kebutuhan pektin global yang mencapai lebih dari 60.000 ton per tahun dengan nilai pasar sekitar 1,5 miliar USD (Nogueira et al., 2025) pengembangan pektin dari biomassa lokal seperti kulit ari kedelai menjadi peluang strategis.

Selain pemanfaatannya sebagai bahan tambahan pangan, pektin dari kulit ari kedelai memiliki potensi pengembangan dalam aplikasi *eco-coating* dan biofilm ramah lingkungan, didukung oleh tingginya ketersediaan limbah kulit kedelai yang dihasilkan industri. Pektin memiliki kemampuan membentuk film yang elastis, transparan, dan *biodegradable*, sehingga dapat diaplikasikan sebagai bahan pelapis alami pada buah dan sayuran. Penelitian oleh Reichembach dan Petkowicz (2022) melaporkan bahwa film *pectin-cellulose nanofiber* (CNF) memiliki kekuatan tarik hingga 150 MPa dan sifat *biodegradable* yang baik. Penelitian lain oleh Roozbahani et al., (2025) menunjukkan bahwa kombinasi pektin dengan nanostruktur selulosa dapat menghasilkan lapisan pelindung aktif yang tahan terhadap sinar UV dan memperpanjang umur simpan produk segar. Penelitian oleh Truong et al., (2025) juga mengembangkan lapisan nanoemulsi pektin dikombinasikan dengan *rosemary* yang mampu menjaga kesegaran buah apel dan pisang, sedangkan Dlala et al., (2025) melaporkan film pektin

dengan penambahan minyak esensial kulit lemon efektif mempertahankan kualitas tomat hingga 15 hari penyimpanan. Dalam aplikasi ini, pektin dengan kadar asam galakturonat (GalA) tinggi ($\geq 65\%$) dan derajat esterifikasi (DE) lebih dari 50% sangat diinginkan karena dapat membentuk film yang kuat, fleksibel, dan tahan terhadap kelembapan (Dlala et al., 2025).

Penelitian oleh Lestari (2023) melaporkan bahwa pada pektin kulit ari kedelai terdapat berat ekuivalen (BE) 520,88 mg/ek, kadar metoksil (MeO) 8,18%, kadar asam galakturonat (GalA) 80,25% dan derajat esterifikasi (DE) 57,89%, dan hasil ini selaras dengan kebutuhan pektin komersial yang umumnya memiliki GalA $\geq 65\%$, DE $> 50\%$, dan MeO $> 8\%$. Namun demikian, agar pektin dari kulit ari kedelai dapat bersaing secara konsisten dengan pektin komersial dan mencapai stabilitas mutu yang lebih tinggi, proses ekstraksinya tetap perlu dioptimalkan untuk meningkatkan efisiensi, kemurnian, dan keseragaman produk yang dihasilkan.

Metode ekstraksi konvensional umumnya menggunakan pemanasan asam (*acid extraction*) dengan pelarut HCl atau HNO_3 pada suhu tinggi selama 60–120 menit (Putri et al., 2021). Meskipun sederhana, metode ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain waktu proses yang lama, kebutuhan pelarut dalam jumlah besar, serta penggunaan asam anorganik yang bersifat korosif dan tidak ramah lingkungan. Penggunaan suhu tinggi dan jangka waktu yang lama dapat memicu degradasi struktur pektin atau depolimerisasi, sehingga menurunkan mutu dan viskositasnya (Tumangger et al., 2022). Keterbatasan tersebut mendorong perlunya pengembangan metode ekstraksi yang lebih efisien, cepat, dan berkelanjutan.

Microwave-Assisted Extraction (MAE) merupakan salah satu metode yang terbukti mampu meningkatkan efisiensi proses ekstraksi pektin. Berbeda dengan metode konvensional yang mengandalkan konduksi panas, MAE bekerja dengan memanfaatkan energi gelombang mikro untuk memanaskan pelarut

dan matriks sel secara cepat dan merata, sehingga mempercepat pelepasan pektin dari jaringan tanaman. Penelitian oleh Lestari (2023) menunjukkan bahwa penggunaan MAE pada kulit ari kedelai menghasilkan 13,15% pektin pada kondisi optimum daya 800 W dan waktu iradiasi 6 menit menggunakan asam klorida 0,03N dan pH 2. Namun demikian, penggunaan asam anorganik seperti HCl memiliki keterbatasan karena sifatnya yang korosif dan kurang ramah lingkungan. Oleh sebab itu, penggunaan pelarut organik seperti asam sitrat terbukti efektif pada penelitian Hossain et al. (2024) sehingga bisa menjadi alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan untuk proses ekstraksi pektin.

Jenis pelarut dan kondisi pH juga merupakan faktor penting yang memengaruhi perolehan dan karakteristik pektin. Pada berbagai penelitian, pelarut konvensional seperti HCl dan HNO₃ sering digunakan untuk menurunkan pH hingga 1–3 dalam memutuskan ikatan antara pektin dan matriks selulosa (Tumangger et al., 2022). Namun, penggunaan asam anorganik ini menimbulkan risiko lingkungan serta residu kimia yang sulit dihilangkan. Oleh karena itu, penggunaan asam organik seperti asam sitrat menjadi alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan. Menurut Zhang et al., (2025) asam sitrat bersifat *food-grade*, *biodegradable*, serta mampu menghasilkan pektin dengan kemurnian tinggi dan warna lebih cerah dibandingkan asam mineral. Hasil penelitian Hossain et al., (2024) menunjukkan bahwa penggunaan asam sitrat dengan pH 2 dengan perbandingan *solid/liquid* (S/L) 1:30 sebagai pelarut ekstraksi pektin pada kulit pomelo menghasilkan rendemen dan kualitas pektin tertinggi dibandingkan pelarut lainnya, membuktikan efektivitasnya sebagai pelarut alami alternatif.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji optimasi proses ekstraksi pektin dari kulit ari kedelai menggunakan metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) dengan pelarut asam sitrat pada variasi pH dan waktu iradiasi yang berbeda. Proses optimasi dilakukan dengan bantuan *Response*

Surface Methodology (RSM) untuk menentukan kombinasi kondisi terbaik yang menghasilkan rendemen dan karakteristik pektin paling optimal. Pektin hasil ekstraksi selanjutnya dikarakterisasi berdasarkan berat ekivalen (BE), kadar metoksil (MeO), kadar asam galakturonat (GalA), serta derajat esterifikasi (DE), dan diverifikasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectrometer* (FTIR). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pemanfaatan limbah kulit ari kedelai sebagai sumber pektin alternatif, sekaligus memperluas penerapan teknologi ekstraksi hijau berbasis *microwave* di bidang agroindustri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi derajat keasaman larutan asam sitrat dan waktu iradiasi terhadap karakteristik pektin yang dihasilkan dari kulit ari kedelai menggunakan metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE)?
2. Bagaimana kondisi optimum ekstraksi pektin kulit ari kedelai dengan metode MAE ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini disusun untuk menjawab rumusan masalah di atas, yaitu:

1. Mendapatkan pengaruh variasi derajat keasaman larutan asam sitrat dan waktu iradiasi terhadap karakteristik pektin yang dihasilkan dari kulit ari kedelai menggunakan metode MAE
2. Mengetahui kondisi optimum ekstraksi pektin kulit ari kedelai dengan metode MAE.

1.4 Manfaat Penelitian

Luaran dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada beberapa pihak, di antaranya:

1. Memberikan informasi mengenai potensi peningkatan nilai ekonomi dari limbah kulit ari kedelai menjadi produk bernilai tambah yaitu pektin.
2. Menyajikan data ilmiah mengenai optimasi ekstraksi pektin dari kulit ari kedelai menggunakan metode MAE dengan pelarut asam sitrat. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dan landasan bagi penelitian lebih lanjut.

