

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia menempati posisi sebagai negara dengan populasi Muslim terbanyak di dunia berdasarkan data *The Royal Islamic Strategic Studies Centre* (Sari *et al.*, 2022). Sebanyak 249,82 juta jiwa penduduk di Indonesia beragama Islam atau setara dengan 87,14% dari total penduduk pada tahun 2025 (Syafiqoh *et al.*, 2025). Pertumbuhan industri halal di Indonesia dipengaruhi oleh meningkatnya jumlah penduduk Muslim dan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya konsumsi produk halal (Jauhari, 2024). Hal ini turut mendorong munculnya berbagai produk olahan daging cepat saji seperti kornet, sosis, dan nugget yang termasuk dalam kategori *frozen food* (Meutia *et al.*, 2019; Prastiwi *et al.*, 2017). *Frozen food* menjadi favorit banyak orang karena proses pengolahan yang praktis, memiliki cita rasa yang mampu diterima oleh konsumen dari berbagai kalangan (Sundari, 2024). Seiring dengan meningkatnya konsumsi berbagai produk olahan cepat saji, perlu adanya kewaspadaan terhadap kemungkinan masuknya daging *non-halal* (Windarsih *et al.*, 2022).

Kasus pemalsuan produk olahan daging kini semakin marak, ditandai dengan berbagai berita praktik curang (Purwantoro *et al.*, 2022). Penelitian Nida *et al.*, (2020) menunjukkan adanya praktik pemalsuan pada daging sapi, dengan 7,86% atau 3 dari 33 sampel yang dianalisis terdeteksi mengandung daging babi (Nida *et al.*, 2020). Berdasarkan hal tersebut, autentikasi produk

olahan berbasis daging menjadi tantangan penting bagi konsumen, produsen maupun pihak berwenang dalam menjamin kehalalannya (Aina *et al.*, 2019). Autentikasi status halal pada produk yang telah melalui proses pengolahan yang kompleks sering kali menjadi tantangan tersendiri (Maritha *et al.*, 2022). Proses produksi, komposisi dan titik kritis kehalalan berpengaruh penting terhadap autentikasi halal suatu produk, sehingga perlu analisis yang tepat (Nurhayati & Khoiroh, 2023).

Kandungan bahan *non*-halal seperti babi, dalam suatu bahan atau produk pangan dapat diketahui melalui pemeriksaan terhadap struktur lemak, protein, maupun DNA (*Deoxyribonucleic Acid*) (Prabawati & Fajriati, 2018). Teknik PCR (*Polymerase Chain Reaction*) merupakan analisis berbasis DNA yang banyak digunakan untuk autentikasi daging (Maritha *et al.*, 2023). Teknik PCR mengadopsi proses replikasi DNA dan berfungsi untuk memperbanyak wilayah target yang spesifik dari DNA (Wijayanti *et al.*, 2025). Namun PCR memiliki keterbatasan seperti waktu ekstraksi DNA yang lama dan rentan terhadap degradasi dalam pangan olahan, sehingga menyulitkan pemantauan DNA target dan risiko negatif palsu (Maritha *et al.*, 2023). Keterbatasan ini telah mendorong eksplorasi lipidomik sebagai alternatif, karena lipid tetap lebih stabil di bawah panas dan dapat berfungsi sebagai penanda spesifik spesies yang andal (Harlina *et al.*, 2025).

Lipidomik merupakan cabang ilmu yang mempelajari secara komprehensif fungsi dan struktur lipid yang diproduksi dalam sel biologis (Harlina, Nawaz, Shahzad, *et al.*, 2025). Lipidomik menghasilkan data

berdimensi tinggi, setiap spesies lipid dalam data lipidomik dapat dikelompokkan ke dalam kategori berbeda berdasarkan eragam karakteristik, termasuk kelas lipid, bentuk, panjang rantai, tingkat ketidakjenuhan, gugus hidroksil, dan komposisi asam lemak (Lin *et al.*, 2021). Analisis seluruh lipid dalam suatu sampel dapat dilakukan menggunakan pendekatan *untargeted* lipidomik maupun *targeted* lipidomik (Wu *et al.*, 2025). Penelitian yang dilakukan oleh Maritha *et al.*, (2025) menerapkan metode lipidomik untuk autentikasi halal dari profil lipid masing masing produk olahan daging. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan lipidomik efektif sebagai alat autentikasi kehalalan. Meski demikian, penelitian ini masih menggunakan pendekatan *untargeted* lipidomik, yang berarti fokusnya pada pemetaan lipid secara menyeluruh tanpa menargetkan senyawa lipid tertentu secara spesifik (Maritha *et al.*, 2025). Dalam hal ini, *targeted* lipidomik menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas yang lebih baik dibandingkan dengan *untargeted* lipidomik (H. Lee & Yokomizo, 2018). Analisis ini memerlukan pemilihan lipid sasaran yang spesifik, seperti fosfatidiletanolamin (PE) (Hou *et al.*, 2025).

Sebagian besar membran plasma sel mamalia didominasi oleh tiga jenis fosfolipid utama yaitu fosfatidilkolin (PC), fosfatidiletanolamin (PE), dan fosfatidilserin (PS) (Teo *et al.*, 2025). Fosfatidiletanolamin adalah gliserofosfolipid terbanyak kedua dalam sel eukariotik, sehingga keberadaannya yang melimpah dapat menjadikannya marker potensial untuk autentikasi halal (Calzada *et al.*, 2016). Metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisis ini salah satunya yaitu *Ultra High Performance Liquid*

Chromatography- High Resolution Mass Spectrometry (UHPLC-HRMS) (Harlina, Nawaz, Shahzad, et al., 2025).

UHPLC-HRMS merupakan teknik yang menggabungkan aplikasi UHPLC dengan HRMS. Metode ini memadukan pemisahan senyawa kompleks dengan efisiensi tinggi melalui UHPLC dan identifikasi/kuantifikasi yang sangat akurat melalui spektrometri massa resolusi tinggi (HRMS). Memiliki keunggulan kecepatan, sensitivitas dan resolusi deteksi yang tinggi (Ma J *et al.*, 2022). Tetapi untuk mengatasi kompleksitas dan tumpang-tindih spektrum molekuler yang menyulitkan identifikasi senyawa, maka perlu dilakukan penggabungan dengan teknik kemometrika (Ng *et al.*, 2022). Kemometrik merupakan metode analisis yang memanfaatkan pendekatan matematika dan statistika dalam pengolahan data multivariat (Andayani *et al.*, 2023). Beberapa metode kemometrik yang umum digunakan meliputi *Principal Component Analysis* (PCA), analisis kluster dan *Partial Least Square Analysis* (PLS-DA) (Windarsih *et al.*, 2024). Metode kemometrik mampu memproses data dalam jumlah besar sehingga menjadi lebih mudah diinterpretasikan (Windarsih *et al.*, 2023).

Autentikasi kehalalan produk olahan daging menjadi hal yang penting untuk menjamin keaslian dan kepatuhan terhadap prinsip syariah (Maulida & Nawawi, 2024). Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan dalam bidang deteksi bahan *non-halal*, hingga saat ini penelitian secara *targeted* lipidomik yang mengkaji fosfatidiletanolamin (PE) sebagai marker autentikasi halal

terhadap produk olahan daging sapi dan babi masih belum dilakukan. Terutama dengan pemanfaatan instrumen UHPLC-HRMS sebagai metode analisisnya.

B. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu kornet sapi, kornet babi, nugget sapi, nugget babi, sosis sapi dan sosis babi.
2. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan lipidomik dengan instrumen UHPLC-HRMS yang dikombinasikan dengan analisis kemometrik.
3. Penelitian difokuskan pada analisis lipid, khususnya golongan fosfatidiletanolamin (PE) sebagai penanda atau marker potensial untuk autentikasi kehalalan produk olahan daging.

C. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana profil fosfatidiletanolamin (PE) pada produk olahan daging sapi dan daging babi (kornet, nugget, dan sosis) melalui pendekatan lipidomik kombinasi kemometrik?
2. Bagaimana klasterisasi produk olahan daging sapi dan daging babi (kornet, nugget, dan sosis) berdasarkan profil fosfatidiletanolamin (PE) melalui pendekatan lipidomik dan kemometrik?
3. Fosfatidiletanolamin (PE) apa saja yang dapat digunakan sebagai biomarker untuk autentikasi halal produk olahan daging sapi dan daging

babi (kornet, nugget, dan sosis) melalui pendekatan lipidomik kombinasi kemometrik?

D. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui profil fosfatidiletanolamin (PE) pada produk olahan daging sapi dan daging babi (kornet, nugget, dan sosis) melalui pendekatan lipidomik kombinasi kemometrik.
2. Untuk mengetahui klasterisasi produk olahan daging sapi dan daging babi (kornet, nugget, dan sosis) berdasarkan profil fosfatidiletanolamin (PE) melalui pendekatan lipidomik kombinasi kemometrik.
3. Untuk mengetahui jenis-jenis fosfatidiletanolamin (PE) yang dapat digunakan sebagai biomarker autentikasi kehalalan produk olahan daging sapi dan daging babi (kornet, nugget, dan sosis) melalui pendekatan lipidomik kombinasi kemometrik.

E. Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang analisis lipidomik dan kemometrik, khususnya dalam pemanfaatan fosfatidiletanolamin (PE) sebagai *biomarker* potensial untuk autentikasi kehalalan produk olahan daging.
2. Menjadi sumber data dan referensi ilmiah mengenai profil fosfatidiletanolamin (PE) sebagai *biomarker* potensial dalam autentikasi kehalalan produk olahan daging menggunakan pendekatan lipidomik dan kemometrik.

3. Memberikan kontribusi ilmiah bagi industri pangan, lembaga sertifikasi halal, dan instansi terkait mengenai potensi pemanfaatan analisis fosfatidiletanolamin (PE) sebagai metode pendukung dalam pengawasan, pengendalian mutu, dan autentikasi kehalalan produk olahan daging.
4. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai pentingnya autentikasi kehalalan produk olahan daging, sehingga masyarakat memperoleh jaminan kehalalan produk yang lebih akurat dan dapat dipercaya.