

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS PENELITIAN

A. Kajian Pustaka

1. Konsep Halal

Secara etimologis istilah halal berasal dari kata “halla” yang bermakna “terlepas” atau “tidak terikat”, yang mengandung arti sesuatu yang diperbolehkan atau tindakan yang tidak dibatasi oleh ketentuan yang melarangnya (Roswiem, 2018). Kehalalan suatu produk pangan merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan sebelum mengonsumsinya. (Kurniawan, 2022). Untuk produk makanan olahan, kesesuaian halal produk sangat bergantung pada bahan baku dan bahan tambahan makanan (Fitri & Jumiono., 2021).

Suatu produk dinyatakan sesuai dengan syariat Islam jika tanpa kandungan bahan babi atau bahan-bahan turunan babi, alkohol serta turunan alkohol, dan semua hewan yang dipotong berdasarkan dengan aturan Islam serta tidak boleh mengandung bahan-bahan terlarang lainnya (darah, bangkai, kotoran, zat yang berasal dari organ manusia dan sebagainya). Semua fasilitas penyimpanan, pengolahan, penjual beli dan pengangkutan produk yang halal tidak boleh digunakan untuk babi atau barang lain yang tidak sesuai dengan standar halal Jika kemudian digunakan untuk produk halal (Triasih *et al.*, 2016).

2. Produk Olahan Daging

Daging didefinisikan sebagai segala sesuatu yang berasal dari jaringan hewan, termasuk limpa, ginjal, otak, dan jaringan lain yang layak dikonsumsi dan tidak menyebabkan efek kesehatan yang merugikan jika dimakan (Manalu *et al.*, 2022). Daging merupakan makanan penting untuk memenuhi kebutuhan nutrisi, tetapi juga merupakan salah satu makanan yang cepat rusak serta umur simpan yang rendah (Apriantini *et al.*, 2022). Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan mengolahnya menjadi produk jadi (Muntikah & Razak., 2017). Produk daging olahan adalah produk yang dibuat dengan mengolah daging, baik dengan cara digiling atau dibentuk secara mekanis menjadi produk siap makan atau setengah jadi (Lestari, 2024). Contoh produk daging olahan meliputi sosis, kornet, dan nugget (Indawati *et al.*, 2021).

Menurut SNI 01-3020-1995 sosis adalah makanan yang terbuat dari campuran daging cincang halus (dengan kandungan daging minimal 75%) dan pati, dengan atau tanpa tambahan rempah-rempah dan bahan tambahan makanan lain yang diizinkan, dan dimasukkan ke dalam selongsong sosis (Fadhlorrohman *et al.*, 2025). Sosis sendiri bisa terbuat dari daging ayam, daging sapi, juga daging babi (Maritha *et al.*, 2025). Tekstur sosis yang kenyal memiliki potensi disukai oleh semua kelompok umur, baik anak sampai orang dewasa. Produk sosis yang dijual secara komersial memiliki kandungan lemak yang relatif tinggi (Sipahutar *et al.*, 2021).

Kornet daging adalah produk pangan yang diawetkan dalam kaleng, diolah dengan cara diawetkan (*brine*), yaitu air mengandung larutan garam jenuh, lalu direbus dengan api kecil untuk mencegah tekstur daging menjadi hancur (Cahyono *et.al.*, 2019). Tujuan pengawetan adalah untuk mempertahankan warna merah pada daging, serta menambah daya tahan penyimpanan kornet (Kristianingsih & Fitriani, 2019). Dalam 100 gram produk kornet mengandung lemak lebih tinggi hingga 25 gram dibandingkan daging segar (Fauziyah, 2017).

Nugget adalah produk makanan cepat saji yang terbuat dari daging tanpa tulang yang dibumbui, kemudian dilapisi tepung, dibalut dengan remah roti, dan digoreng cukup sampai setengah matang sebelum dilakukan pembekuan untuk tetap menjaga kualitasnya selama masa penyimpanan (Alghifari & Azizah, 2021). Nugget diproduksi menggunakan teknologi "*restructured meat*", yang menggunakan potongan daging kecil tidak beraturan, dilakukan penggabungan sehingga menjadikan bentuk ukuran yang lebih besar. Nugget dapat dibuat dari ayam, sapi, kambing, domba, dan babi (Nurlaila *et.al.*, 2017).

3. Autentikasi Halal

Autentikasi adalah proses atau tindakan untuk memastikan kebenaran atau kesesuaian suatu produk pangan, termasuk menjamin bahwa produk tersebut bebas dari pemalsuan (Kusnadi *et.al.*, 2022). Autentikasi halal didefinisikan sebagai pengesahan tentang kebenaran karakter, kandungan, jenis bahan penyusun, dan kemurnian bahan, asal bahan, serta metode atau

teknologi produksinya terkait halal (Hidayat, 2024). Dalam proses produksi makanan saat ini, baik yang diproses maupun dalam bentuk mentah, sering kali terjadi kontaminasi dengan zat najis yang dilarang secara syariat, serta bahan berbahaya lainnya (Salahudin & Ramli., 2018). Metode autentikasi, tingkat spesifisitas dan sensitivitas metode akan menentukan sejauh mana ketiadaan bahan haram dalam produk dapat dibuktikan (Ma *et al.*, 2022).

Kemajuan teknologi dalam industri makanan menyebabkan bahan baku dan produk olahan yang semakin kompleks. Oleh karena itu, sulit untuk menentukan asal-usul bahan-bahan makanan tersebut (Andriyani *et al.*, 2019). Berbagai metode analisis telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan yang muncul. Beberapa metode yang digunakan untuk analisis autentikasi adalah biokimia, kromatografi, spektrofotometri massa, elektroforesis, dan spektroskopi (Hassan *et al.*, 2018).

Metode *Enzyme Linked Immunosorbent Assay* (ELISA) merupakan teknik biokimia yang melibatkan kuantifikasi interaksi molekul biologis untuk menentukan antibodi dan antigen (Hassan *et al.*, 2018). Uji ini berbasis antibodi untuk mendeteksi protein atau peptida spesifik pada sampel uji. Seperti pengujian protein lainnya, ELISA bergantung pada ketersediaan dan integritas antigen. Makanan olahan tinggi, misal yang mengalami panas ekstrem, pH, atau perlakuan enzimatis dapat mengubah sifat atau menghilangkan protein target, sehingga dapat menyebabkan hasil negatif palsu (Haseeb, 2025). Metode analisis lain yaitu Reaksi Berantai Polimerase (PCR), digunakan untuk mendeteksi *Asam Deoksiribonukleat* (DNA) dan

kuantifikasi jejas DNA. Metode ini banyak digunakan dalam identifikasi DNA babi, serta hewan lainnya, makanan, dan produk farmasi (Aviani, 2017). Namun metode ini membutuhkan biaya peralatan dan reagen *real-time* yang tinggi, stabilitas DNA dapat mempengaruhi efisiensi, dan proses ekstraksi DNA memakan waktu (Lubis *et.al.*, 2016). Adanya kemungkinan denaturasi DNA, selama proses pembuatan dan akibatnya menjadi sulit memperoleh jumlah fragmen DNA yang cocok untuk analisis (Hassan *et al.*, 2018).

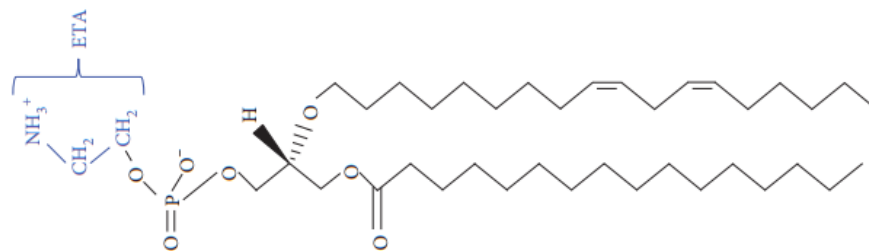
Teknik spektroskopi dapat digunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), spektroskopi FTIR mengukur bagaimana sampel menyerap cahaya *infrared* (IR) pada panjang gelombang dan bilangan gelombang yang berbeda, menghasilkan spektrum yang mencerminkan getaran molekul. Setiap ikatan kimia memiliki absorbansi IR yang khas, sehingga menghasilkan spektrum sidik jari (Haseeb, 2025). Namun spesifitas pada FTIR lebih rendah dan juga memiliki sensitivitas yang sedang. Dalam studi yang dilakukan Hassan *et al* (2025) jejak pemalsuan dibawah 1% masih bisa lolos dari deteksi, selain itu air yang sangat kuat dapat menyerap IR pada rentang $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$, sehingga sampel yang sangat terhidrasi dapat mempersulit proses analisis (Hassan *et al.*, 2025).

4. Fosfatidiletanolamin (PE)

Fosfatidiletanolamin (PE) adalah gliserofosfolipid terbanyak kedua dalam sel eukariotik meliputi 15–25% dari total fosfolipid dalam sel mamalia. PE adalah fosfolipid multifungsi yang diperlukan untuk

perkembangan mamalia dan penting untuk berbagai proses seluler (Calzada *et al.*, 2016). Lipid ini merupakan komponen kunci membran sel, sangat banyak ditemukan di jaringan otak dan berperan dalam fusi membran, pembelahan sel, autophagy, dan apoptosis. PE disintesis di mitokondria melalui reaksi enzimatik menggunakan fosfatidiletanolamin dan diasilgliserol (Feng *et al.*, 2024).

PE berasal dari fosfatidilserin melalui jalur dekarboksilase (PSD). Jalur ini dimulai dengan transpor fosfatidilserin (PS) ke dalam mitokondria, tempat PS kemudian didekarboksilasi untuk membentuk PE (Germain *et al.*, 2023). Dari struktur kimianya, PE terdiri dari tulang gliserol yang terikat pada dua asam lemak dan grup fosfat yang terhubung ke etanolamin, menjadikannya amfifilik bagian kepala bersifat hidrofilik dan ekor bersifat hidrofobik (Patel & Witt, 2017).



Gambar 2. 1 Struktur kimia fosfatidiletanolamin (Patel & Witt, 2017).

5. Lipidomik

Lipid adalah biomolekul penting yang berperan dalam berbagai proses seluler vital. Karena sifat hidrofobiknya, lipid menjadi komponen utama membran biologis yang memungkinkan organisme hidup terpisah dari lingkungannya, dan juga berfungsi sebagai penyimpanan energi (Züllig *et*

al., 2020). Lipidomik adalah disiplin ilmu yang mempelajari secara menyeluruh struktur dan fungsi lipid yang diproduksi dalam sel (Harlina *et al.*, 2025). Metode ini mampu menghasilkan data dengan dimensi yang sangat tinggi, di mana setiap spesies lipid dapat dikelompokkan berdasarkan karakteristik seperti kelas, panjang rantai, tingkat ketidakjenuhan, gugus fungsional, serta komposisi asam lemak (Lin *et al.*, 2021).

Setiap spesies hewan memiliki komposisi asam lemak tertentu, sehingga lipid dapat digunakan untuk membedakan spesies satu dengan lainnya dalam produk daging (Harlina *et al.*, 2022). Metode ini cocok digunakan untuk mengautentikasi kehalalan olahan daging karena profil lipid tetap stabil meskipun setelah pemanasan, yang memperkuat kemampuannya untuk membedakan antara daging sapi dan daging babi. (Maritha *et al.*, 2023). Deteksi dan kuantifikasi lipid tersebut biasanya dianalisis melalui *targeted* lipidomik dan *untargeted* lipidomik. *Untargeted* lipidomik digunakan untuk melakukan analisis komprehensif terhadap semua lipid yang dapat dideteksi dalam sampel (Lee & Yokomizo., 2018). Tetapi metode *untargeted* lipidomik mengalami penurunan sensitivitas sering kali kurang akurat secara kuantitatif, dan memerlukan alur kerja pemrosesan data yang canggih (Anh *et al.*, 2024). *Targeted* lipidomik adalah pendekatan dalam analisis lipid yang secara khusus mempelajari jenis-jenis lipid tertentu yang sudah ditentukan sebelumnya. *Targeted* lipidomik menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan *untargeted* lipidomik (H. Lee & Yokomizo, 2018).

Tabel 2. 1 Rangkuman Literatur Terdahulu Lipidomik

No	Penulis	Judul	Sampel	Metode	Referensi
1.	Harlina, P. W., Nawaz, A., Shahzad, R., Amalina, N. N., Geng, F., Rafi, M., Maritha, V., Pangawikan, A. D., Rahimah, S., Khan, M. R., Gramita, W. S., & Nurhasya, A. S.	Untargeted Lipidomic Profiling for Halal Authentication of Meatball Products: From Mixed Meat Sources	Bakso sapi dan bakso babi	UHPLC-HRMS	Harlina <i>et al.</i> , 2025
2.	Maritha, V., Harlina, P. W., Musfiroh, I., Muchtaridi, M., Rafi, M., Geng, F., Khan, M. R., & Nawaz, A.	Lipidomics Analysis for Halal Authentication of Triceps Brachii, Longissimus Dorsi, And Biceps Femoris Meats: Profiling the Lipid Composition	Daging babi dan sapi	UHPLC-HRMS	Maritha <i>et al.</i> , 2023
3.	Windarsih, A., Bakar, N. K. A., Rohman, A., Riswanto, F. D. O., & Erwanto, Y. (2023). <i>Grasas y Aceites</i> , 74(3), e512-e512.	Untargeted lipidomics approach using LC-Orbitrap HRMS to Discriminate Lard from Beef Tallow and Chicken Fat for the Authentification of Halal.	Lemak sapi, babi dan ayam	LC-HRMS	Windarsih <i>et al.</i> , 2023
4.	Ren, C., Liu, J., Zhou, J., Liang, H., Wang, Y., Sun, Y & Yin, Y.	Lipidomic Analysis of Serum Samples from Migraine Patients.	Serum plasma	LC-MS	Ren <i>et al.</i> , 2018
5.	Chen, L., He, X., Han, Y., Huang, Y., Li, J., Yu, X., Yun, X., Wu, J., Sha, R., Dong, T., & Borjigin, G.	Lipidomics analysis of adipose depots at differently aged Sunit sheep.	Daging domba	UPLC-MS	Chen <i>et al.</i> , 2025

6. UHPLC-HRMS

Kromatografi adalah teknik pemisahan komponen dalam campuran analit yang memanfaatkan perbedaan distribusi setiap komponen (Susanti & Dachriyanusus, 2017). Salah satu penerapan teknik kromatografi yaitu *High*

Performance Liquid Chromatography (HPLC). HPLC merupakan salah satu teknik kromatografi untuk zat yang bersifat cair yang biasanya disertai dengan tekanan tinggi (Pisacha *et al.*, 2023). Prinsip kerjanya dengan memisahkan analit berdasarkan polaritasnya. Setiap komponen senyawa yang muncul dideteksi oleh detektor dan dicatat dalam bentuk kromatogram (Lestari *et al.*, 2024). *Ultra High Performance Liquid Chromatography* (UHPLC) adalah versi HPLC yang dioptimalkan dengan tekanan jauh lebih tinggi untuk meningkatkan efisiensi pemisahan.

UHPLC mencakup pemisahan menggunakan kolom yang mengandung partikel lebih kecil dengan ukuran 2,5 -5- μm (Annissa *et al.*, 2020). Instrumen ini memiliki kecepatan analisis yang lebih tinggi, resolusi yang lebih baik, dan sensitivitas yang lebih tinggi (Lestari *et al.*, 2024). Metode UHPLC lebih sensitif dibuktikan dengan adanya hasil kromatogram yang lebih sempit, tajam dan tinggi dibandingkan kromatogram HPLC yang menghasilkan kromatogram lebih lebar dan pendek (Annissa *et al.*, 2020).

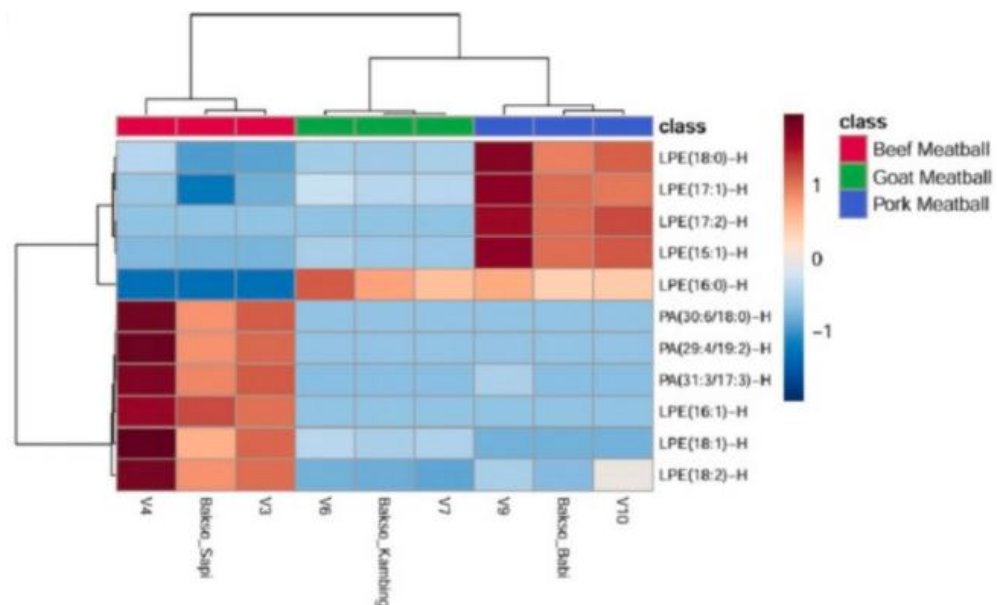
Teknik HRMS umumnya dikombinasikan dengan UHPLC untuk memisahkan lipid dalam matriks biologis yang kompleks (H. Lee & Yokomizo, 2018). Penggunaan teknik kromatografi dan spektrofotometri massa secara bersamaan akan mempermudah persiapan sampel, pengumpulan data, dan tahap pemrosesan selanjutnya (Maritha *et al.*, 2023). HRMS digunakan untuk mengukur massa suatu senyawa dengan sangat presisi sehingga setiap jenis lipid dapat dibedakan dari senyawa isobarik lainnya (H. Lee & Yokomizo, 2018).

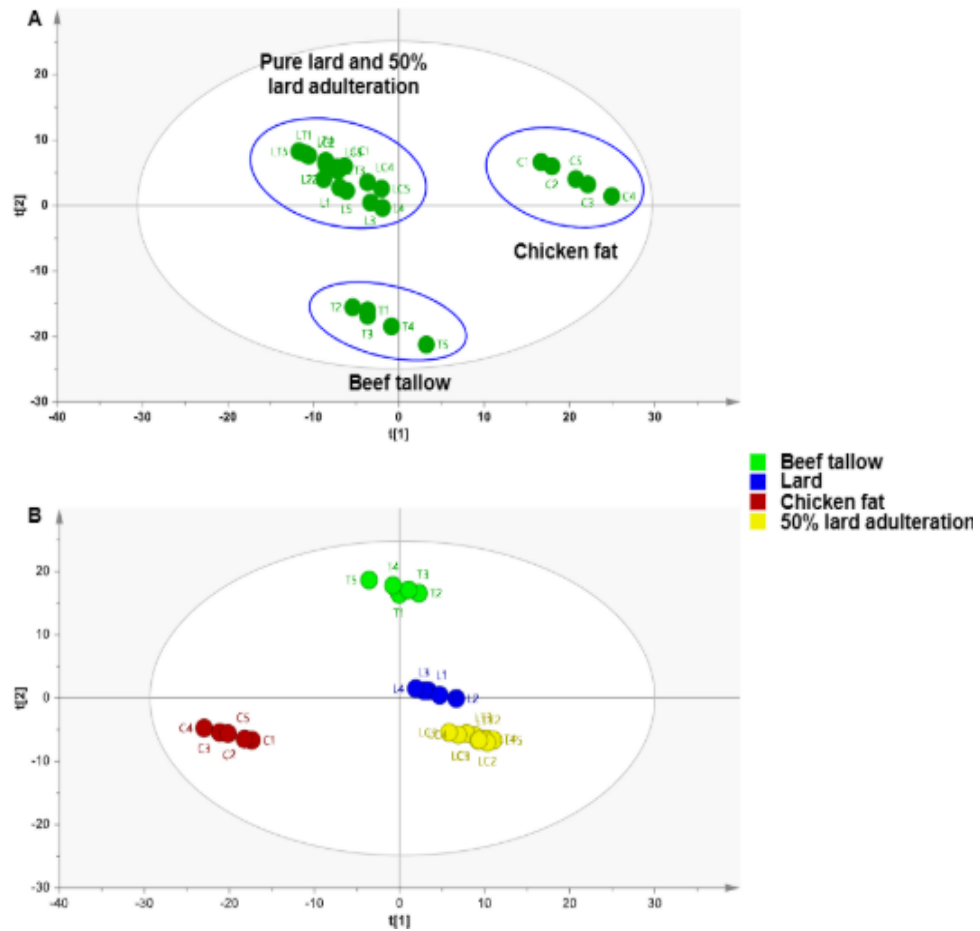
7. Kemometrik

Kemometrika atau analisis data multivariat adalah penerapan statistika dan sistem matematika untuk menangani data kimia yang diperoleh selama pengukuran kimia (Goyal *et.al.*, 2024). Analisis kimia berkaitan dengan campuran kompleks, senyawa, dan sifat-sifatnya, yang seringkali sangat rumit untuk dianalisis (Rohman & Windarsih, 2020). Kemometrik membantu mengambil informasi penting dari data yang banyak, terutama yang dihasilkan metode spektroskopi dan kromatografi (Nurani *et al.*, 2022). Dalam bidang analisis autentikasi halal, kemometrik memiliki tiga tujuan utama yaitu mengklasifikasi produk halal dan *non* halal, memprediksi potensi keberadaan zat *non* halal dalam produk dan perencanaan serta perancangan eksperimen (Mona *et al.*, 2025). Untuk autentikasi halal pada produk olahan daging dengan lipidomik dapat menghasilkan data yang sangat banyak, sehingga metode kemometrik yang digunakan tidak hanya tunggal tetapi juga dikombinasikan untuk menyajikan informasi yang lebih mudah dipahami (Maritha *et al.*, 2022). Analisis *lipid* umumnya menggunakan beberapa teknik kemometrik, Analisis multivariat seperti *Principal Component Analysis* (PCA), merupakan metode kemometrik yang sering digunakan. Dikombinasikan dengan Analisis Klaster, dan PLSDA (Inani *et al.*, 2021)

Analisis PCA digunakan untuk mengklasifikasikan atau mengelompokkan data yang serupa, memisahkan produk halal dan *non* halal. PCA merupakan bagian penting dari kemometrik dan memberikan

representasi paling ringkas dari semua variasi dalam tabel data (Rohman & Putri, 2019). Teknik PCA mengidentifikasi variabel terpenting dalam data dan mengeksplorasi pengelompokan sampel berdasarkan perbedaan spektral (Arifah & Rohman, 2021). *Cluster Analysis* (CA) akan mengelompokkan data berdasarkan sifat dan karakteristiknya (Maritha *et al.*, 2022). Keunggulan utama CA adalah dapat memberikan nilai numerik kesamaan antar objek yang di evaluasi sehingga informasi yang diperoleh lebih objektif. Selain itu, CA dapat mengurangi dimensionalitas sekaligus mempertahankan informasi yang dibutuhkan (Rohman & Putri, 2019). Analisis lanjutan PLS-DA akan memprediksi metabolit lipid atau asam amino penentu dari status halal sehingga didapatkan marker lipid potensial (Musfiroh *et al.*, 2025). Metode kemometrik ini dapat mengautentikasi produk dengan cepat dan hasil yang akurat (Liu *et.al.*, 2023).

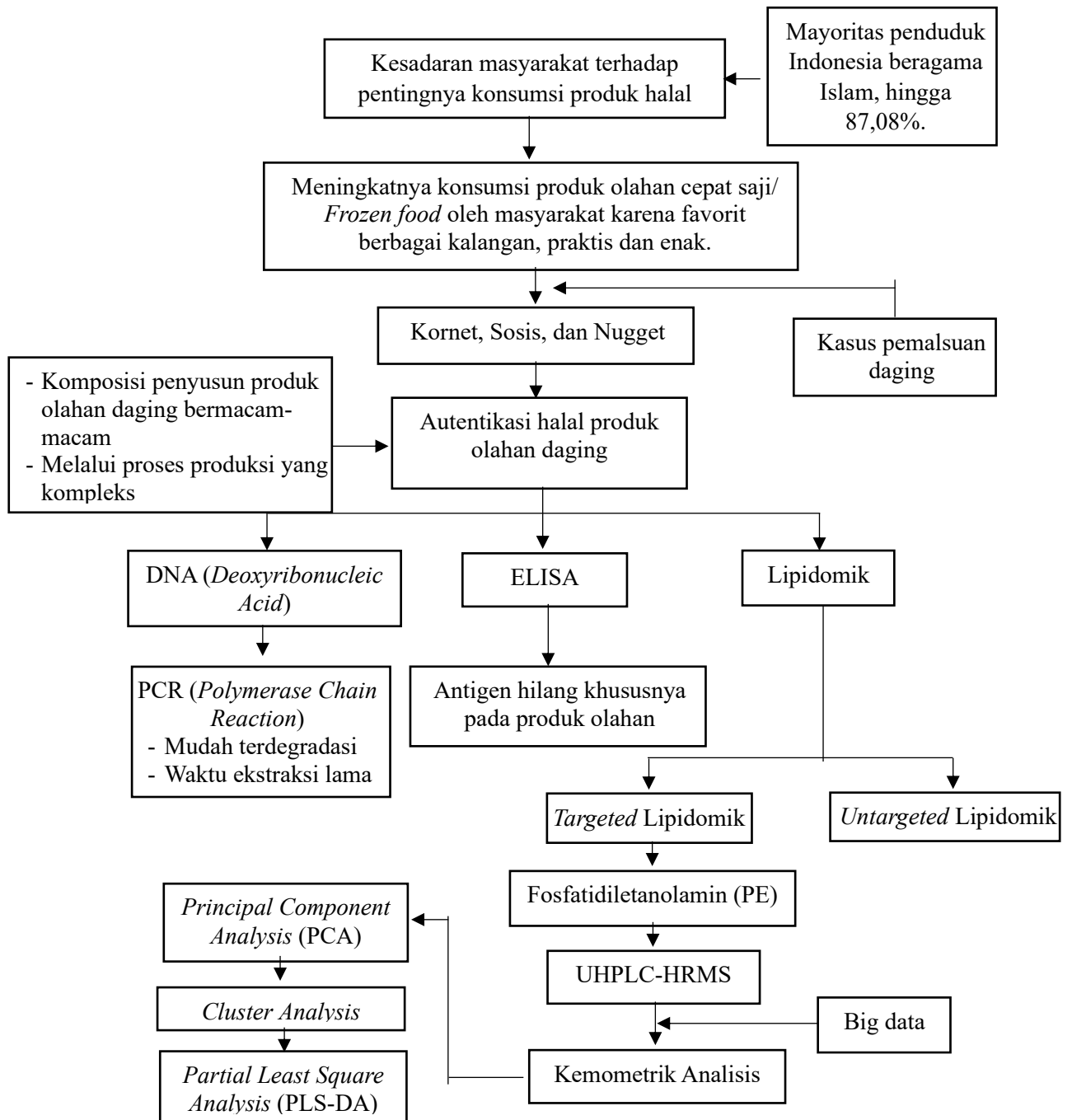




Gambar 2. 2 Hasil Analisis Kemomterik CA, PCA dan PLS-DA (Harlina et al., 2025; Windarsih, et al., 2023)

B. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan penjelasan sistematis dalam sebuah penelitian yang menggambarkan alur pemikiran peneliti dalam merumuskan masalah, mendasari hipotesis, serta menjelaskan hubungan antara sebab dan akibat dalam konteks permasalahan yang dikaji. Kerangka berpikir penelitian ini tersaji dalam bagan sebagai berikut :



Gambar 2. 3 Kerangka berfikir penelitian

C. Hipotesis Penelitian

Sebagai langkah awal dalam memahami hubungan antara variabel-variabel yang diteliti, perlu ditetapkan suatu hipotesis. Hipotesis merupakan jawaban sementara mengenai pertanyaan penelitian, yang disusun berdasarkan kajian teoritis dan logika ilmiah. Keberadaan hipotesis ini berfungsi sebagai panduan dalam mengarahkan proses analisis dan pengumpulan data. Hipotesis dalam penelitian ini yaitu:

1. Produk olahan daging sapi dan babi (kornet, sosis dan nugget) memiliki profil fosfatidiletanolamin (PE) yang berbeda.
2. Produk olahan daging sapi dan daging babi (kornet, nugget, dan sosis) akan membentuk klaster yang terpisah secara jelas berdasarkan profil fosfatidiletanolamin (PE).
3. Terdapat beberapa jenis fosfatidiletanolamin (PE) tertentu yang dapat dijadikan biomarker spesifik untuk membedakan produk olahan daging sapi dan daging babi (kornet, sosis dan nugget).