

ABSTRAK

Kehalalan produk pangan merupakan aspek penting bagi masyarakat Muslim, terutama terkait kemungkinan pencampuran lemak babi pada produk berbasis minyak. Penelitian ini bertujuan menganalisis kehalalan minyak bumbu terhadap campuran lemak babi menggunakan kombinasi spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan teknik kemometrika *Principal Component Analysis* (PCA) serta *Partial Least Square Discriminant Analysis* (PLS-DA). Sampel berupa minyak bawang, lemak babi hasil ekstraksi metode Folch, dan campuran keduanya yang dianalisis menggunakan FTIR pada daerah $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ dengan resolusi 4 cm^{-1} dalam mode absorbansi. Data spektra diolah menggunakan PCA untuk eksplorasi dan klasifikasi awal, kemudian divalidasi menggunakan PLS-DA. Spektra FTIR menunjukkan 15 puncak serapan utama dengan puncak 721 dan 2361 cm^{-1} menjadi karakteristik khas lemak babi. Analisis PCA menghasilkan dua komponen utama yang mampu merepresentasikan 99% variasi data dengan *score plot* yang menunjukkan pemisahan yang baik antara minyak bawang, lemak babi, dan campurannya. Variabel yang paling berpengaruh dalam model PCA adalah serapan pada 705, 721, 736, 1160, 1377, 1463, 1740, 2853, dan 2922 cm^{-1} . Model PLS-DA memberikan klasifikasi yang sangat baik dengan nilai AUC-ROC sebesar 1,0 tanpa tumpang tindih antar kelompok sampel. Kombinasi spektroskopi FTIR dengan kemometrika PCA dan PLS-DA efektif digunakan untuk autentikasi kehalalan minyak bumbu dan mendeteksi adanya campuran lemak babi secara akurat. Validasi internal dan eksternal dapat dilakukan untuk memastikan hasil data yang sempurna bukan akibat dari *overfitting*.

Kata kunci: FTIR, kemometrika, PCA, PLS-DA, lemak babi, minyak bumbu, autentikasi halal.

ABSTRACT

Halal authentication of food products is an important issue for Muslim consumers, particularly regarding the possible adulteration of seasoning oils with lard. This study aimed to analyze the halal authenticity of seasoning oil mixed with lard using a combination of Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy and chemometric techniques, namely Principal Component Analysis (PCA) and Partial Least Square Discriminant Analysis (PLS-DA). Samples consisting of garlic-onion oil, lard extracted using the Folch method, and their mixtures were analyzed with FTIR in the 4000–400 cm^{-1} region with 4 cm^{-1} resolution in absorbance mode. Spectral data were processed using PCA for exploratory analysis and initial classification, followed by validation using PLS-DA. FTIR spectra revealed 15 major absorption peaks and the peak at 721 and 2361 cm^{-1} were identified as characteristic markers of lard. PCA generated two principal components representing 99% of the total data variance with the score plot demonstrated a clear separation among seasoning oil, lard, and their mixtures. The most influential variables in the PCA model were absorptions at 705, 721, 736, 1160, 1377, 1463, 1740, 2853, and 2922 cm^{-1} . The PLS-DA model showed excellent classification performance with an AUC-ROC value of 1.0 and no overlap among sample groups. The combination of FTIR spectroscopy with PCA and PLS-DA chemometric techniques is effective for halal authentication of seasoning oil and for accurately detecting lard adulteration. Internal and external validation can be performed to ensure that perfect data result is not caused by overfitting.

Keywords: FTIR, chemometrics, PCA, PLS-DA, lard, seasoning oil, halal authentication.