



POTENSI SPEKTROSKOPI FT-IR-ATR DAN KEMOMETRIK UNTUK MEMBEDAKAN RAMBUT BABI, KAMBING DAN SAPI

Mohamad Rafi^{1,2,*}, Widia Citra Anggundari¹, Tun Tedja Irawadi^{1,2}

¹Departemen Kimia, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Jalan Tanjung, Bogor 16680

²Pusat Studi Sains Halal, Institut Pertanian Bogor, Jalan Raya Pajajaran, Bogor 16128

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Oktober 2016
Disetujui November 2016
Dipublikasikan November 2016

Kata Kunci:
rambut hewan
diskriminasi
FTIR-ATR
kemometrik

Abstrak

Rambut beberapa hewan seperti babi, kambing, dan juga sapi telah digunakan sebagai bahan baku kuas salah satunya kuas untuk produksi makanan seperti kue, roti, dan lainnya. Jika kuas dalam produksi makanan ini terbuat dari rambut babi maka dapat menyebabkan makanan menjadi tidak halal. Oleh karena itu, dalam penelitian ini kami melakukan studi keterlaksanaan penggunaan spektroskopi *Fourier transform infrared-attenuated total reflectance* (FTIR-ATR) yang dikombinasikan dengan kemometrik untuk mengembangkan metode identifikasi dan diskriminasi rambut babi, kambing, dan sapi. Spektrum FTIR diukur pada bilangan gelombang 1000-4000 cm^{-1} . Intensitas dari kisaran bilangan gelombang 1215-2007 cm^{-1} dan 3467-3989 cm^{-1} dipilih untuk membuat model diskriminasi tiga jenis rambut yang digunakan. Pengelompokan sampel berdasarkan jenis rambutnya dilakukan dengan menggunakan analisis gerombol, analisis komponen utama, dan analisis diskriminan. Model diskriminasi menggunakan AKU dan AD dapat memisahkan ketiga jenis rambut hewan yang digunakan dengan AD memberikan pengelompokan yang lebih terpisah satu sama lainnya. Metode kombinasi FTIR-ATR dan kemometrik dimungkinkan untuk digunakan untuk tujuan identifikasi dan diskriminasi rambut babi, kambing dan sapi.

Abstract

Hair from some animals such as pig, goat, and cow have been used as a raw material for brushes in the food product, i.e. cakes, breads, etc. When a pig hair was used for food brush will make the food become not halal anymore. Therefore, in this study we developed an analytical method for identification and discrimination of pig, goat, and cow hairs using *Fourier transform infrared spectroscopy-attenuated total reflectance*. Measurements of FTIR spectra were performed at wavenumber 1000-4000 cm^{-1} . Intensities from 1215-2007 cm^{-1} and 3467-3989 cm^{-1} were chosen for further analysis to build an identification and discrimination model of the animals hair tested. Classification of samples according to their origin species was performed using cluster analysis, principal component analysis and discriminant analysis. Discrimination of the samples was achieved by using principal component analysis and discriminant analysis, in which discriminant analysis gave clearer separation of the samples. Combination of FTIR-ATR and chemometrics is possible to be used for the purpose of identification and discrimination hair from pig, goat and cow.

Pendahuluan

Masyarakat muslim di seluruh dunia diwajibkan untuk mengonsumsi makanan dan minuman halal seperti yang telah dicantumkan dalam Al-quran dan Hadits. Kehalalan suatu produk (makanan, minuman, kosmetika, dan sebagainya) merupakan suatu hal yang harus dipenuhi jika suatu produk akan dijual ke masyarakat terutama masyarakat muslim. Menurut LPPOM MUI (2002), produk halal adalah produk yang memenuhi syarat kehalalan, ditinjau dari hal produksi (penyembelihan, pengangkutan, penyimpanan, pengolahan dan penyajian) maupun bahan yang digunakan (bahan baku dan bahan tambahan). Indonesia sebagai suatu negara dengan penduduknya mayoritas beragama Islam telah serius memperhatikan masalah halal dan haramnya suatu produk dengan telah dikeluarkannya UU No. 3 tahun 2014 tentang jaminan produk halal.

Salah satu hewan yang diharamkan untuk dimakan maupun menggunakan produk-produk turunannya yaitu babi. Salah satu bagian tubuh dari babi yang juga telah digunakan dalam suatu produk yaitu rambutnya. Rambut babi telah ada yang digunakan untuk membuat kuas baik sebagai kuas untuk roti, kue, dan makanan lainnya maupun pada produk kosmetika. Bahan baku untuk kuas dari rambut hewan lainnya seperti kambing dan sapi juga dapat digunakan begitu juga dari suatu polimer sintesis seperti poliester. Penggunaan kuas yang berasal dari rambut babi ini dapat menyebabkan suatu produk makanan atau kosmetika menjadi haram apabila dalam hal produksinya walaupun telah menggunakan bahan-bahan yang bersifat halal akan tetapi dalam proses produksinya menggunakan alat ataupun ditambahkan dengan suatu bahan yang terbuat dari babi. Oleh karena itu diperlukan suatu cara untuk membedakan bahan baku kuas dari rambut hewan tersebut dengan mengembangkan suatu metode analisis diskriminasi sebagai bagian dalam penjaminan kehalalan makanan yang dalam proses pembuatannya menggunakan kuas. Salah satu teknik analisis yang dapat digunakan untuk pengembangan metode diskriminasi ini yaitu spektroskopi *Fourier Transform infrared* (FTIR).

Spektrum FTIR merupakan hasil interaksi antara senyawa-senyawa kimia dalam matriks sampel yang kompleks. Spektrum FTIR sangat kaya dengan informasi struktur molekular dengan serangkaian pita serapan yang spesifik

untuk masing-masing molekul sehingga dapat digunakan untuk membedakan suatu bahan baku yang memiliki kemiripan (Sun, *et al.*; 2010). Keuntungan teknik spektroskopi FTIR ialah berpotensi sebagai metode analisis yang cepat karena dapat dilakukan secara langsung pada sampel tanpa adanya tahapan pemisahan terlebih dahulu (Bunaciu, *et al.*; 2011). Kekurangan yang dapat ditimbulkan dengan menggunakan spektroskopi FTIR ialah dalam hal interpretasi secara visual dan langsung menjadi sulit akibat adanya tumpang tindih spektrum serapan dari molekul-molekul dalam sampel, sehingga untuk memudahkannya diperlukan bantuan teknik kemometrika (Gad, *et al.*; 2012). Kemometrik merupakan aplikasi prosedur matematika untuk mengolah, mengevaluasi dan menginterpretasikan sejumlah besar data. Teknik gabungan antara spektroskopi dan kemometrika telah banyak digunakan dalam pengembangan metode analisis halal seperti membedakan sumber asal gelatin dari bovin atau babi (Hashim, *et al.*; 2010), deteksi daging babi pada baso (Rohman, *et al.*; 2011), diskriminasi sosis berbahan dasar daging halal dan non-halal (Xu, *et al.*; 2012), deteksi minyak babi pada baso (Kurniawati, *et al.*; 2014), deteksi daging tikus pada baso (Rahmania, *et al.*; 2015). Selain itu teknik gabungan ini juga telah digunakan dalam identifikasi dan diskriminasi suatu tumbuhan obat yang berkerabat dekat seperti yang dilakukan oleh Rohaeti, *et al.* (2015) dalam membedakan kunyit, temulawak, dan bangle maupun Purwakusumah, *et al.* (2014) untuk identifikasi jahe merah. Espinoza, *et al.* (2008) juga telah menggunakan spektroskopi FTIR dan kemometrik untuk diskriminasi pada rambut gajah dan jerapah.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode analisis untuk diskriminasi rambut babi, kambing, dan sapi menggunakan spektroskopi FTIR dan kemometrik. Metode kemometrik yang digunakan yaitu analisis gerombol (AG), analisis komponen utama (AKU), dan analisis diskriminan (AD). Metode gabungan yang dikembangkan ini telah berhasil diaplikasikan dalam mengidentifikasi dan membedakan ketiga jenis rambut yang digunakan dalam penelitian ini.

Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan ialah spektrofotometer FTIR-ATR *Alpha* (Bruker, Optik, Ettlingen, Jerman), ultrasonikator US-3 38 Khz (*As-one*, Osaka, Jepang), oven mikrogelombang R200JB (*Sharp*, Jakarta, Indonesia). Peranti

lunak yang digunakan ialah XLSTAT versi 2012 (Addinsoft, New York, Amerika Serikat). Bahan-bahan yang digunakan ialah rambut babi (Parung, Bogor, Jawa Barat) rambut kambing (Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor), rambut sapi (Rumah Potong Hewan Bubulak, Bogor, Jawa Barat) masing-masing diambil dari 6 hewan, akuades, dan isopropil alkohol (Merck, Darmstadt, Jerman).

Sampel rambut hewan (babi, kambing, sapi) dibersihkan dengan cara ditempatkan dalam ultrasonikator selama 10 menit dalam akuades dan isopropil alkohol. Setelah itu dikering udarakan dan dimasukkan ke dalam oven mikrogelombang selama 30 detik (Espinoza, *et al.*; 2008).

Sampel dimasukkan ke dalam wadah sampel dengan aksesoris ATR yang ditempatkan dalam spektrofotometer FTIR. Detektor yang digunakan yaitu DTGS (*deuterated triglycine sulphate*). Pengukuran dilakukan pada kisaran bilangan gelombang 1000-4000 cm^{-1} dengan resolusi 8 cm^{-1} dan kecepatan payar 72 payar/menit. Peranti lunak OPUS 7.2.139.1.24 (Bruker Optik GmbH, Ettlingen, Jerman) digunakan untuk menampilkan spektrum FTIR. Data spektrum FTIR disimpan dalam bentuk *file xls* untuk pengolahan selanjutnya secara kemo-metrik.

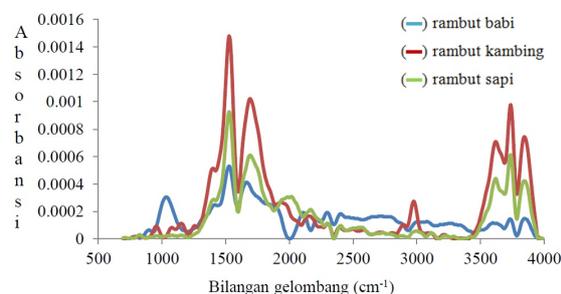
Pengelompokan contoh dilakukan dengan analisis gerombol, analisis komponen utama, dan analisis diskriminan. Sebagai variabel digunakan data absorbans pada spektrum FTIR yang terukur di kisaran bilangan gelombang 1215-2007 cm^{-1} dan 3467-3989 cm^{-1} .

Hasil dan Pembahasan

Spektrum FTIR akan menampilkan keseluruhan informasi ikatan dalam suatu molekul yang terdiri atas gerak vibrasi dan rotasi. Hal tersebut membuat spektroskopi FTIR sangat berguna untuk analisis kualitatif seperti membedakan antar sampel akan tetapi interpretasinya dapat menjadi sulit dilakukan akibat adanya kemiripan dari setiap respon ikatan pada molekul yang ada dalam suatu sampel. Metode pengukuran FTIR yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sistem ATR yang bekerja dengan cara mengukur perubahan yang terjadi dalam proses pemantulan sinar inframerah ketika sinar datang menuju sampel. Kelebihan metode ATR ialah pengukuran bersifat nondestruktif dan tidak dibutuhkan persiapan sampel yang rumit sehingga proses analisisnya lebih cepat.

Spektrum FTIR-ATR dari ketiga jenis rambut (Gambar 1.) menunjukkan pola yang hampir identik untuk seluruh sampel sehingga sulit untuk membedakannya berdasarkan asal usul sampelnya. Berdasarkan spektrum FTIR yang diperoleh, tidak terdapat pola yang khas untuk setiap sampel yang diukur hanya terdapat perbedaan dalam intensitasnya. Pita-pita utama yang dapat diamati dari spektrum FTIR yaitu pita serapan pada bilangan gelombang 1000-1200 cm^{-1} hasil dari vibrasi S=O (Douthwaite, *et al.*; 1993), bilangan gelombang sekitar sekitar 1640-1550 cm^{-1} merupakan representasi dari serapan N-H tekuk, pada 1600-1700 cm^{-1} yang merupakan daerah serapan C=O, pada 3000-2850 cm^{-1} yang merupakan daerah serapan ikatan C-H, dan pada bilangan gelombang sekitar 3100-3500 cm^{-1} untuk daerah serapan N-H ulur (Pavia, *et al.*; 2001). Serapan-serapan yang dihasilkan terkait dengan keberadaan asam amino yang merupakan unit pembentuk protein dan protein merupakan molekul utama pembentuk rambut.

Telah diketahui bahwa rambut hewan umumnya mengandung keratin yang merupakan suatu protein berserat dan memiliki sifat yang kasar. Keratin terdiri atas sistein, yaitu senyawa asam amino yang memiliki unsur sulfida. Keberadaan unsur sulfida menjadi ciri khas dari rambut. Berdasarkan beberapa spektrum yang diperoleh, rambut babi cenderung memiliki serapan yang lebih besar pada bilangan gelombang sekitar 1000-1200 cm^{-1} dibandingkan dengan rambut sapi, sedangkan pada rambut kambing tidak terdapat serapan pada bilangan gelombang tersebut. Serapan tersebut khas untuk sulfur-oksigen yang terkait dengan keberadaan keratin. Jenis keratin yang banyak ditemukan pada hewan mamalia, seperti babi dan sapi adalah α -keratin (Alibardi; 2003).



Gambar 1. Spektrum FTIR representatif rambut babi, rambut kambing dan rambut sapi

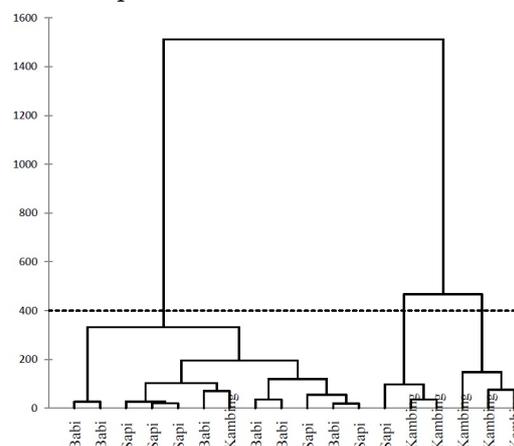
Spektrum multidimensi seperti spektrum FTIR mengandung informasi kuantitatif yang dapat menggambarkan ciri khas suatu sampel. Informasi tersebut tidak dapat diamati dengan

hanya melihat pola serapan spektrum, tetapi membutuhkan alat bantu berupa metode ekstraksi data atau pola yang disebut sebagai kemometrika agar dapat menunjukkan interpretasi yang lebih berarti. Metode kemometrika yang dapat digunakan seperti analisis komponen utama, analisis gerombol, dan analisis diskriminan dengan kekhasannya masing-masing. Data dari spektrum FTIR yang digunakan untuk analisis kemometrik pada penelitian ini tidak melalui perlakuan pendahuluan, karena hasil yang diperoleh tanpa menggunakan perlakuan pendahuluan lebih baik dibandingkan menggunakan perlakuan pendahuluan. Analisis komponen utama rambut babi, kambing, dan sapi dilakukan terhadap spektrum asli pada bilangan gelombang $1215\text{-}2007\text{ cm}^{-1}$ dan $3467\text{-}3989\text{ cm}^{-1}$. Pemilihan bilangan gelombang tersebut didasarkan pada nilai serapan yang diperoleh sehingga memungkinkan ketiga jenis rambut dapat dibedakan menggunakan AKU.

Analisis gerombol (AG) termasuk ke dalam teknik pengenalan pola tak terawasi yang banyak digunakan untuk mengklasifikasikan sampel ke dalam beberapa kelompok berdasarkan karakteristik yang diukur. Sampel tersebut diklasifikasikan ke dalam satu atau lebih kelompok sehingga sampel-sampel yang berada dalam satu kelompok akan memiliki kemiripan satu dengan yang lainnya (Ni, *et al.*; 2012). Analisis gerombol yang digunakan dalam studi ini yaitu *agglomerative hierarchical clustering* (AHC). Metode ini memulai suatu pengelompokan data dengan dua atau lebih sampel yang mempunyai kesamaan paling dekat dan terdiri dari dua jenis yaitu *agglomerative (bottom-up)* dan *devisive (top-down)*. AHC bersifat *bottom-up* yang keberadaan setiap titik data dalam kelompok ditentukan oleh kedekatan antar titik tersebut. Metode ini berawal dari sampel-sampel individual yang paling mirip akan dikelompokkan dan kelompok-kelompok awal tersebut digabungkan sesuai kemiripannya, berulang hingga menjadi kelompok tunggal.

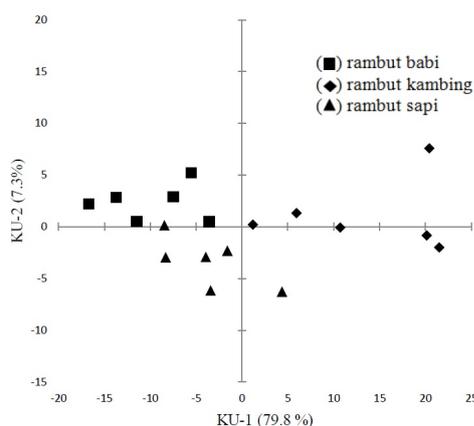
Metode aglomerasi yang digunakan adalah pautan lengkap (*complete linked*) yang didasarkan pada jarak maksimum. Metode pautan lengkap akan mengelompokkan dua sampel yang mempunyai jarak terjauh terlebih dahulu. Metode ini memastikan bahwa semua sampel dalam satu kelompok berada dalam jarak paling jauh. Hasil pengelompokan dengan AHC ditunjukkan dalam suatu dendrogram (Gambar 2). Berdasarkan dendrogram yang diperoleh, terbentuk tiga kelompok data akan tetapi belum berhasil

membedakan tiga jenis rambut yang digunakan yaitu rambut babi, kambing, dan sapi. Rambut babi dan sapi lebih memiliki kesamaan karakteristik sehingga cenderung berada dalam satu kelompok yang sama. Untuk rambut kambing, sebanyak 5 sampel telah terkelompokkan dalam satu kelompok.



Gambar 2. Dendrogram AG dengan metode pautan lengkap

Salah satu teknik pengenalan pola tak terawasi yang juga banyak digunakan dalam mengelompokkan sampel yaitu analisis komponen utama (AKU). Metode AKU bertujuan untuk mereduksi dimensi peubah asal sehingga diperoleh peubah baru yang disebut sebagai komponen utama (KU) yang tidak saling berkorelasi tetapi menyimpan sebagian informasi yang terkandung pada peubah asal (Miller & Miller; 2000). Plot AKU dari dua skor KU yang awal adalah yang paling berguna karena memiliki varians terbesar dalam set data. Semakin dekat nilai KU dari suatu sampel terhadap sampel lainnya maka semakin dekat kemiripannya.



Gambar 3. Plot skor komponen utama rambut babi, rambut kambing dan rambut sapi

Plot skor AKU (Gambar 3.) menunjukkan informasi mengenai pengelompokan asal sampel. Plot kedua KU yang digunakan menjelaskan

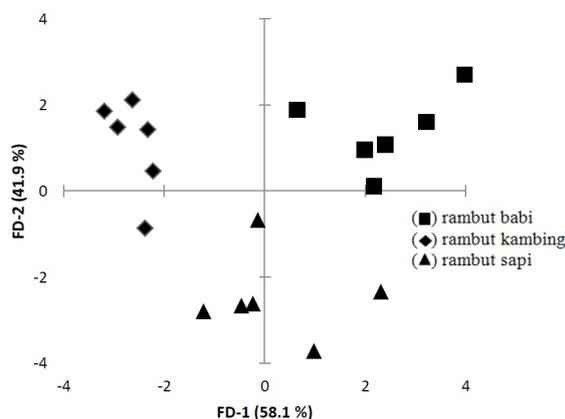
kan 87,1% keberagaman data (KU-1 = 79,8% dan KU-2 = 7,3%). Pola pengelompokan sampel menggunakan AKU telah mampu membedakan ketiga jenis rambut. Berdasarkan plot yang diperoleh, rambut babi, kambing, dan sapi memiliki karakteristik yang hampir sama. Hal ini ditunjukkan dengan jarak antar titik yang cukup berdekatan. Semakin dekat satu titik dengan titik yang lain, maka semakin besar kemiripan spektrum IR sampel tersebut. Kemiripan yang diperoleh dapat disebabkan oleh komposisi kimia yang terkandung dalam ketiga sampel yang juga tidak jauh berbeda.

Metode analisis multivariat lainnya yang dapat digunakan untuk mengelompokkan sampel yaitu analisis diskriminan (AD). Analisis diskriminan berfungsi untuk memisahkan beberapa variabel berbeda, kemudian memilih dan membentuk variabel baru atau kombinasi variabel yang ada secara maksimal untuk mengidentifikasi sebuah sampel (Du & Sun; 2006). Metode tersebut membuat suatu fungsi diskriminan (FD) untuk setiap grup dengan mencari kombinasi linear dari data yang akan memberikan pemisahan dari dua atau lebih grup observasi (Gad, *et al.*; 2012).

Analisis diskriminan dilakukan menggunakan nilai komponen utama yang diperoleh dari AKU untuk membangun suatu model prediksi. Hal ini dilakukan karena analisis diskriminan akan bekerja efektif jika jumlah variabel yang digunakan lebih kecil dari jumlah sampel. Nilai komponen utama yang dipilih ditetapkan berdasarkan kriteria *Kaiser*, yaitu komponen utama yang digunakan sebagai variabel dalam AD mempunyai nilai *eigen* > 1 (Morillo, *et al.*; 2012). Berdasarkan hasil AKU, terdapat tujuh komponen utama yang memiliki nilai *eigen* > 1 dan ketujuhannya dipakai untuk membuat model prediksi ketiga jenis rambut yang digunakan dalam penelitian ini.

Analisis diskriminan dengan menggunakan tujuh komponen utama mampu menerangkan keragaman data sebesar 100% dan menghasilkan dua nilai FD dengan keragaman 58,1% (FD-1) dan 41,9% (FD-2). Berdasarkan hasil uji analisis diskriminan, variabel bilangan gelombang yang dipilih dapat membedakan rambut babi, kambing, dan sapi. Hal ini ditunjukkan dengan angka *Wilks' Lambda* yang diperoleh yaitu 0,035. *Wilks' Lambda* pada prinsipnya adalah varians total yang tidak dapat dijelaskan oleh perbedaan diantara grup-grup yang ada. Angka yang diperoleh mendekati nol, sehingga dapat dikatakan bahwa data setiap kelompok

rambut cenderung berbeda, apabila angka mendekati satu, maka data tiap kelompok cenderung sama (Dinar, *et al.*; 2013).



Gambar 4. Plot fungsi diskriminan rambut babi, rambut kambing dan rambut sapi

Berdasarkan plot FD hasil dari AD, semua sampel dapat terpisah ke dalam kelompoknya masing-masing (Gambar 4). Evaluasi dari model yang dihasilkan dilakukan dengan metode validasi silang dan sebanyak 77,8% sampel teridentifikasi ke dalam masing-masing kelompoknya. Berdasarkan hasil ini, AD dapat digunakan untuk diskriminasi rambut babi, kambing, dan sapi.

Simpulan

Gabungan teknik spektroskopi FTIR dengan AKU dan AD telah dikembangkan untuk diskriminasi rambut babi, kambing, dan sapi. AD mampu membedakan ketiga jenis rambut lebih baik dibandingkan dengan AKU. Metode yang dikembangkan terbukti efisien dan dapat digunakan untuk proses identifikasi ketiga jenis rambut yang diujikan.

Daftar Pustaka

- Alibardi, L. 2003. Immunocytochemistry and Keratinization in The Epidermis of Crocodilians. *Zool. Stud.*, 42: 346-356
- Bunaciu, A.A., Aboul-Enein, H.Y., & Fleschin, S. 2011. Recent Applications of Fourier Transform Infrared Spectrophotometry in Herbal Medicines Analysis. *Appl. Spectrosc. Rev.*, 46: 251-260
- Dinar, L., Suyantohadi, A., & Fallah, M.A.F. 2013. Penentuan Kriteria Mutu Biji Pala (*Myrista fragrans Houtti*) Berdasarkan Analisis Tekstur Menggunakan Teknologi Pengolahan Citra Digital. *Agritech*, 33: 81-89
- Douthwaite, F.J., Lewis, D.M., & Schumacher-Hamedat, U. 1993. Reaction of Cystine Residues in Wool with Peroxy Compound. *Text. Res. J.*, 63: 177-183
- Du, C.J., & Sun, D. 2006. Learning Technique Used in Computer Vision for Food Quality Evaluation: A Review. *J. Food Eng.*, 72: 39-

- Espinoza, E.O., Baker, B.W., Moores, T.D., & Voin, D. 2008. Forensic Identification of Elephant and Giraffe Hair Artifacts using HATR FTIR Spectroscopy and Discriminant Analysis. *Endanger. Spesies Res.*, 9: 239-246
- Gad, H.A., El-Ahmady, S.H., Abou-Shoer, M.I., & Al-Azizi, M.M. 2012. Application of Chemometrics in Authentication of Herbal Medicines: A Review. *Phytochem. Anal.*, 24: 1-24
- Hashim, D.M., Che Man, Y.B., Norakasha, R., Shuhaimi, M., Salmah, Y., & Syahariza, Z.A. 2010. Potential Use of Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Differentiation of Bovine and Porcine Gelatins. *Food Chem.*, 118: 856-860
- Kurniawati, E., Rohman, A., & Triyana, K. 2014. Analysis of Lard in Meatball Broth using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Meat Sci.*, 96: 94-98
- Miller, J.N., & Miller, J.C. 2010. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry* (6th ed). Harlow, Essex: Pearson
- Morillo, A.P., Alcazar, A., Pablos, F., & Jurado, J.M. 2012. Differentiation of Tea Varieties using UV-Vis Spectra and Pattern Recognition Techniques. *Spectrochim. Acta: Mol. Biomol. Spectrosc.*, 103: 79-83
- Majelis Ulama Indonesia. 2002. *Halal*. Jakarta: LPPOM MUI
- Ni, Y., Song, R., & Kokot, S. 2012. Analysis of HPLC Fingerprints: Discrimination of Raw and Processed Rhubarb Samples with The Aid of Chemometrics. *Anal. Methods*, 4: 171-176
- Pavia, D.L., Lampman, G.M., & Kriz, G.Z. 2001. *Introduction to Spectroscopy* (4th ed). Belmont: Brooks/Cole Cengage Learning
- Purwakusumah, E.D., Rafi, M., Syafitri, D.U., Nurcholis, W., Adzkiya, Z.A.M. 2014. Identifikasi dan Autentikasi Jahe Merah Menggunakan Kombinasi Spektroskopi FTIR dan Kemometrik. *Agritech*, 34: 1-6
- Rahmania, H., Sudjadi, & Rohman, A. 2015. The Employment of FTIR Spectroscopy in Combination with Chemometrics for Analysis of Rat Meat in Meatball Formulation. *Meat Sci.*, 100: 301-305
- Rohaeti, E., Rafi, M., Syafitri, U.D. & Heryanto, R. 2015. Fourier Transform Infrared Spectroscopy Combined with Chemometrics for Discrimination of *Curcuma longa*, *Curcuma xanthorrhiza* and *Zingiber cassumunar*. *Spectrochim. Acta: Mol. Biomol. Spectrosc.*, 137: 1244-1249
- Rohman, A., Sisindari, Erwanto, Y., & Che Man, Y.B. 2011. Analysis of Pork Adulteration in Beef Meatball using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *Meat Sci.*, 88: 91-95
- Sun, S., Chen, J., Zhou, Q., Lu, G., & Chan, K. 2010. Application of Mid-Infrared Spectroscopy in The Quality Control of Traditional Chinese Medicines. *Planta Med.*, 76: 1987-1996
- Xu, L., Cai, C. B., Cui, H. F., Ye, Z. H., & Yu, X. P. 2012. Rapid Discrimination of Pork in Halal and non-Halal Chinese Ham Sausages by Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy and Chemometrics. *Meat Sci.*, 92: 506-510