

Aplikasi FTIR sebagai Deteksi Cepat Bahan Non-Halal dalam Campuran Produk Olahan

Mabrurotul Mustafidah^{1*}, Arif Nur Ikhsan²

¹Fakultas Ilmu Kesehatan, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Jl. Kertamukti no. 58, Pisangan, Ciputat Timur

²Fakultas Farmasi, Universitas Gadjah Mada, Jl. Sekip Utara, Senolowo, Sinduadi, Mlati, Sleman, DIY

*Corresponding author: mabrurotul@uinjkt.ac.id

Received: January 24, 2022; Accepted: March 09, 2022

Abstract: The trend of Halal is not about labeling processed products, but also about becoming a necessity in products to gain public trust. As the country with the most Muslims in Asia, Indonesia has its market for halal products. Consumer confidence increases for goods that have included halal certifications in their products. The unknown material, in this case, is the material that makes the product non-halal, such as the presence of a mixture of pork. Many irresponsible producers use a mixture of non-halal ingredients to increase profits. Various methods have been developed to detect halal, one of which is FTIR. FTIR is a fast and easy-to-use instrument capable of analyzing mixtures in a product. Various studies for product authentication were analyzed using FTIR and showed results that FTIR was able to detect the presence of a mixture of unwanted ingredients in the product and could be used as a method to detect counterfeiters in processed products.

Abstrak: Sertifikasi Halal berkembang bukan hanya menjadi labelisasi dalam produk olahan saja, melainkan menjadi sebuah keharusan dalam produk untuk mendapatkan kepercayaan masyarakat. Indonesia sebagai negara dengan muslim terbanyak di Asia, mempunyai pasar sendiri untuk produk halal. Kepercayaan konsumen meningkat untuk barang yang sudah mencantumkan halal dalam produknya. Bahan yang tidak diinginkan dalam hal ini adalah bahan yang menjadikan produk menjadi tidak halal, yaitu adanya campuran babi. Banyaknya produsen yang tidak bertanggung jawab menggunakan campuran bahan tidak halal untuk meningkatkan keuntungan. Untuk mendeteksi halal telah banyak dikembangkan berbagai metode, salah satunya FTIR. FTIR merupakan instrumen yang cepat dan mudah untuk digunakan yang mampu menganalisis campuran dalam sebuah produk. Berbagai penelitian untuk autentikasi produk dianalisis dengan menggunakan FTIR dan menunjukkan hasil bahwa FTIR mampu mendeteksi adanya campuran bahan yang tidak diinginkan dalam produk dan mampu digunakan sebagai metode untuk mendeteksi pemalsu dalam produk olahan.

Keywords: analisis halal, FTIR, kandungan babi, *review*

DOI: 10.15408/pbsj.v4i1.24426

1. PENDAHULUAN

Agama adalah aspek yang paling vital untuk memilih daging terutama bagi komunitas muslim misalnya umat Islam diwajibkan mengkonsumsi daging dan produk olahan daging dengan sertifikasi atau logo halal (Hossain *et al.*, 2020). Permintaan produk makanan dengan logo Halal telah menjadi tren baru tidak hanya didasarkan keyakinan agama tetapi juga karena kualitas yang terjamin. Isu keaslian halal dan haram di Indonesia terkait dengan pengembangan produk olahan menjadi sebuah poin penting bagi masyarakat muslim. Dengan demikian tren konsumen terhadap produk halal semakin meningkat, dimana konsumen memilih produk berlogo halal karena

mempunyai kualitas yang lebih baik dan lebih aman untuk dikonsumsi.

Pentingnya penjaminan mutu suatu produk dikaitkan dengan logo halal produk tersebut untuk menjamin tidak ada *adulterant* dalam produk tersebut (Rohman *et al.*, 2016). Untuk mendeksi *adulterant* digunakan metode autentikasi yang sekarang menjadi topik menarik dalam bidang *food science* (Pebriana *et al.*, 2017). Autentikasi sendiri menjadi sangat penting untuk melindungi konsumen dan industri makanan terhadap praktek penipuan dan pemalsuan yang dapat merugikan konsumen. Analisis pemalsuan produk olahan sering kali menemui kendala karena

banyaknya campuran bahan yang digunakan, serta beberapa bahan mempunyai komposisi kimiawi yang mirip seperti minyak dan lemak yang dapat mempengaruhi keaslian produk tersebut (Irnawati, Ruslin *et al.*, 2021).

Penentuan keaslian produk yang terbebas dari campuran bahan yang dilarang oleh agama menjadi sebuah keharusan yang harus dilakukan untuk menjamin mutu produk tersebut (Mursyidi, 2013). Sejumlah metode telah dikembangkan untuk evaluasi keaslian dan kehalalan suatu produk olahan. Metode analisis yang digunakan untuk autentikasi produk dapat dilakukan dengan *Polymerase Chain Reaction*, uji imunosorben terkait enzim, DSC (*differential scanning calorimetry*), spektrometri massa, kromatografi dan spektroskopi (Hossain *et al.*, 2020). Teknik-teknik ini menawarkan kemungkinan untuk pemisahan yang akurat serta penentuan kuantitatif komponen dari struktur kimia yang sangat mirip dalam matriks produk olahan. Akan tetapi metode tersebut seringkali membutuhkan waktu yang lama dan preparasi sampel yang sulit sehingga tidak efektif (Rahayu *et al.*, 2018). Oleh karena itu dibutuhkan metode yang mampu mendeteksi adanya pemalsuan secara cepat, sederhana dan akurat. Spektroskopi FTIR dikenal sebagai teknik sidik jari (*fingerprint*) dimana tidak ada 2 senyawa yang mempunyai jumlah puncak atau intensitas (absorbansi) yang sama (Che Man, Rohman and Mansor, 2011). Spektroskopi FTIR merupakan teknik analisis yang reliabel, membutuhkan sampel sedikit, tidak merusak sampel dan mudah dilakukan. Selain itu, analisis dengan spektroskopi FTIR dipertimbangkan sebagai metode analisis kimia yang ramah lingkungan (*green chemistry*) karena tidak banyak menggunakan reagen kimia yang dapat membahayakan kesehatan (Rohaeti *et al.*, 2015). Metode FTIR telah banyak dilakukan untuk autentikasi adanya campuran atau pemalsuan dalam suatu produk seperti mendeteksi kualitas

daging (Nurjuliana *et al.*, 2011), deteksi campuran lemak babi dalam susu sapi (Mursyidi, 2013), deteksi lemak babi dalam minyak sawit (Che Man, Rohman and Mansor, 2011). Dalam perspektif agama, adanya campuran babi pada suatu produk menjadikan produk tersebut haram untuk dikonsumsi dan digunakan. Tujuan *review* artikel ini untuk memberikan penjelasan terkait aplikasi FTIR dalam analisis halal haram dalam suatu produk olahan.

2. METODE

2.1 Pengumpulan Data

Metode yang digunakan adalah *systematic review*, menggunakan kata kunci aplikasi FTIR, autentikasi pada produk olahan, autentikasi halal dan autentikasi FTIR. Jurnal yang digunakan merupakan jurnal penelitian bukan *review*, membahas tentang uji kehalalan produk atau bahan makanan serta menggunakan *range* tahun 2011-2021 melalui perangkat *google scholar*, *researchgate* dan *pubmed*.

3. PEMBAHASAN

Untuk memperoleh jurnal yang sesuai digunakan kata kunci yang meliputi aplikasi FTIR, autentikasi pada produk olahan atau produk makanan, autentikasi halal dan menggunakan *instrument* FTIR. Dari kata kunci diatas diperoleh 48 jurnal yang masuk ke dalam kriteria inklusi, selanjutnya dilakukan *screening* kedua terkait topik jurnal tersebut. *Screening* kedua berkaitan dengan jurnal yang digunakan merupakan jurnal penelitian bukan *review*, membahas tentang uji kehalalan produk atau bahan makanan, membahas tentang analisis bahan non-halal seperti babi serta dalam rentang tahun 2011-2021 melalui perangkat *google scholar*, *researchgate* dan *pubmed*. Hasil *screening* kedua hanya diperoleh 4 jurnal yang masuk ke dalam kriteria inklusi kemudian dilanjutkan pembahasan terkait aplikasi FTIR.

Tabel 1. Hasil *screening* jurnal terkait aplikasi FTIR dalam analisis bahan non-halal

Referensi	Subjek	Analisis	Hasil
Aplikasi FTIR dalam deteksi bahan non-halal			
(Rahayu <i>et al.</i> , 2018)	Campuran daging sapi dan daging anjing	FTIR-HATR	Bilangan gelombang 1782-1623 cm^{-1} dan 1485-659 cm^{-1} mampu memberikan hasil optimum, dengan nilai RMSEC 1,63% dan R^2 0,993
(Sari and Guntarti, 2018)	Autentifikasi sosis sapi dengan lemak celeng dan lemak sapi	FTIR	Nilai R^2 0.998 dan nilai <i>error</i> terkecil 1.22% dan 0.11% pada rentang bilangan gelombang 1250-900 cm^{-1}
(Pebriana <i>et al.</i> , 2017)	Autentifikasi daging tikus pada sosis sapi	FTIR	Bilangan gelombang 750-1800 cm^{-1} R^2 0.945 dan nilai <i>error</i> terkecil menunjukkan perbedaan komposisi lemak yang menunjukkan daerah fingerprint untuk analisis daging tikus
(Irnawati, Ruslin <i>et al.</i> , 2021)	Lemak babi dalam lemak sapi	FTIR dan DA	Bilangan gelombang 3100-660 cm^{-1} dengan nilai R^2 0,9976 dan 0,9748 dan RMSEC dan RMSEP yaitu 0,0162 dan 0,0558
Aplikasi FTIR untuk identifikasi campuran minyak nabati dan hewani			
(Putri <i>et al.</i> , 2020)	Minyak ikan patin adulterasi dengan Minyak jagung	FTIR dan DA	Bilangan gelombang 650-3432 cm^{-1} dengan R^2 untuk kalibrasi dan validasi yaitu 0,9995 dan 1,0 sedangkan RMSEP dan RMSEC adalah 0,397 dan 0,189
(A. Rohman <i>et al.</i> , 2017)	<i>Cod liver oil</i> dalam campuran beberapa minyak	FTIR	Bilangan gelombang 1350-900 cm^{-1} dengan berdasarkan nilai R^2 paling tinggi dan nilai <i>error</i> paling kecil,
(Putri <i>et al.</i> , 2019)	Campuran minyak ikan patin dan minyak sawit	FTIR-DA	Bilangan gelombang 1001-1501 cm^{-1} , 1776-1712 cm^{-1} , dan 2819-2981 cm^{-1} dengan R^2 0.999 dan RMSEC RMSEP terendah
(Ikhsan <i>et al.</i> , 2021)	Minyak ikan bandeng, minyak ikan patin, dan minyak ikan gabus	FTIR	Pada bilangan gelombang 1440-1741 cm^{-1} mempunyai nilai R^2 0,9794 dan RMSEC dan RMSEP 0,737 and 0,927
(Rahayu <i>et al.</i> , 2021)	Autentikasi gelatin pada pasta gigi	FTIR	FTIR mampu mendeteksi gelatin babi pada pasta gigi melalui bilangan gelombang 3600-2300 cm^{-1} , 1654-1644 cm^{-1} , 1560-1335 cm^{-1} dan 1240-670 cm^{-1}
(Munajad <i>et al.</i> , 2018)	<i>Mineral oil</i>	FTIR	Kenaikan intensitas puncak absorpsi pada gugus C-H bilangan gelombang 2922-2854 cm^{-1} dan gugus C=O pada bilangan gelombang 1050 cm^{-1} naik pada rentang bilangan gelombang 3329 cm^{-1} untuk gugus O-H
(Rohman <i>et al.</i> , 2015)	Minyak biji labu yang dicampur dengan minyak kelapa	FTIR-Kemometrika	Nilai R^2 >0,99 dan nilai <i>error</i> 0,166 dan 1,32%
(Rohman <i>et al.</i> , 2016)	Minyak alpukat yang diadulterasi dengan minyak sawit dan minyak kanola	FTIR-kemometrika	Nilai R^2 0,999 dan nilai RMSEC dan RMSEP 0,8% dan 0,79%
(Andina <i>et al.</i> , 2018)	Minyak patin	FTIR	Bilangan gelombang 1200-1000 cm^{-1} mempunyai nilai R^2 0,9417 dan RMSEC 0,725% dan RMSEP 2,40%
(Irnawati <i>et al.</i> , 2020)	Minyak biji labu <i>adulterated</i> dengan 15 minyak nabati dan hewani	FTIR	Nilai R^2 tertinggi dan nilai <i>error</i> terkecil pada bilangan gelombang 1800-663 cm^{-1}
(Irnawati, Riyanto <i>et al.</i> , 2021)	Minyak biji labu dari berbagai daerah	FTIR	Bilangan gelombang 3500-650 cm^{-1} dengan R^2 tertinggi yaitu 0,9996 dan 0,9418 serta nilai <i>error</i> terkecil 0,425 dan 4,93

3.1 Definisi Halal Haram

Bagi seorang muslim, halal merupakan faktor yang penting harus diperhatikan dalam memilih bahan makanan maupun produk makanan. Kata Halal berasal dari Bahasa Arab yang berarti apa yang diperbolehkan. Sebagai muslim, diyakini bahwa makanan yang halal bermanfaat bagi kesehatan (Mursyidi, 2013). Dalam Al-Qur'an perintah untuk mengkonsumsi dan menggunakan produk halal dijelaskan dalam Q.S Al-Baqarah ayat 168 dan 172 yang artinya: "Wahai manusia! Makanlah dari apa yang halal dan baik di bumi, dan janganlah mengikuti jejak setan (setan). Sesungguhnya dia adalah musuh yang nyata bagimu" (Qur'an 2.172). Dan "Dia (Allah) mengharamkan bagimu apa yang mati dari dirinya sendiri (bangkai), dan darah, dan daging babi dan yang di atasnya disebut nama selain (yaitu) Allah" (Qur'an 2.173).

Haram (non-halal) adalah kebalikan dari Halal, yang berarti dilarang atau melanggar hukum (Hossain *et al.*, 2020). Istilah halal dan haram bersifat universal yang berlaku di semua aspek kehidupan seperti hewan halal yaitu sapi, kerbau, kambing, domba, unta, bebek, angsa dan lainnya yang disembelih menurut hukum Syariah Islam (Nurjuliana *et al.*, 2011). Daging hewan hanya dapat dinyatakan halal asalkan hewan tersebut merupakan hewan ruminansia (mengunyah makanan), dan memiliki kuku yang terbelah. Dalam hukum Islam, dikenal dhabiha yang merupakan metode ritual penyembelihan semua hewan halal yang sah sesuai Syariah dan dengan nama Allah (Irnawati, Ruslin *et al.*, 2021).

Baru-baru ini keamanan pangan telah didefinisikan oleh *World Health Organization* (WHO) sebagai istilah yang secara umum mengacu pada cara dan pendekatan untuk memastikan bahwa produksi, pengawetan, distribusi dan konsumsi makanan dilakukan dengan cara yang aman dan tidak

berbahaya (Mursyidi, 2013). Dari sudut pandang konsumen, konsep 'makanan aman' umumnya cukup sederhana dan praktis. Sebagai contoh, beberapa orang mungkin mendefinisikan makanan yang aman sebagai makanan yang tidak menyebabkan penyakit, sementara untuk beberapa orang lain makanan yang aman harus bebas dari kontaminasi dan/atau pemalsuan (Pebriana *et al.*, 2017). Untuk menjamin keaslian dan mencegah kontaminasi beberapa pendekatan dilakukan seperti konsumsi makanan atau olahan produk halal. Konsep Halal sendiri bukan hanya sebagai labelisasi saja tetapi sebagai wujud tanggung jawab produsen kepada konsumen khususnya Indonesia yang mayoritas muslim untuk menjamin keamanan produk yang dikonsumsi.

3.2 Prinsip Analisis Halal

Untuk memastikan kehalalan suatu bahan, diperlukan proses deteksi secara menyeluruh pada setiap aspek dari bahan sampai menjadi sebuah produk. Mulai dari bahan, proses produksi, alat yang digunakan, bahan campuran, pengemasan dan penyimpanan menjadi poin yang harus diperhatikan dan dipastikan tidak tercampur dengan bahan yang dilarang (Mursyidi, 2013). Salah satu aspek penting adalah analisis cemaran bahan non halal yang terkandung dalam bahan makanan. Prinsip analisis halal sendiri yaitu bagaimana suatu metode mampu mendeteksi adanya campuran bahan non halal yang terkandung sehingga keaslian produk tersebut dapat terjamin.

Banyaknya poin yang harus diperhatikan, membuat banyak produsen tidak menyadari poin kritis pengujian halal untuk suatu produk jadi. Banyak pelaku produsen yang tidak bertanggung jawab melakukan pemalsuan dengan bahan non-Halal diberbagai titik. Dengan demikian sistem rantai pasokan olahan produk harus dikelola dan diawasi serta dipastikan pengolahan untuk membuat dan menjamin kualitas produk olahan yang halal (Hossain

et al., 2020).

Oleh karena itu diperlukan metode khusus dan cepat serta tepat yang dapat diaplikasikan dan dikembangkan untuk mencegah pemalsuan (Rohman *et al.*, 2016). Sekarang ini sudah banyak metode analisis yang dikembangkan dan dijelaskan dalam beberapa artikel. Salah satu metode yang banyak dikembangkan adalah FTIR. Peran FTIR sebagai salah satu instrument yang digunakan untuk mendeteksi halal dalam suatu campuran atau produk olahan makanan.

3.3 FTIR dan Mekanisme Kerja

Spektroskopi merupakan spektroskopi vibrasional antara radiasi elektromagnetik dengan sampel (Rohman *et al.*, 2020). Apabila radiasi inframerah dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul akan menyerap energi sehingga terjadi perubahan tingkat vibrasi/rotasi yang menyebabkan perubahan momen dipol. Secara umum, vibrasi yang paling sederhana dari gerakan vibrasional yang terjadi dalam molekul yang bersifat IR aktif, adalah vibrasi uluran (*stretching*) yang menyebabkan perubahan pada panjang ikatan dan vibrasi tekukan (*bending*) yang membuat terjadi perubahan sudut ikatan. Vibrasi uluran (*stretching*) dapat mengalami uluran simetris atau asimetris (Rohman *et al.*, 2020).

Identifikasi dapat dilakukan dengan analisis puncak spesifik dimana tidak ada dua molekul yang mempunyai bentuk serapan IR yang tepat sama, baik dari segi jumlah, absorbansi (intensitas) atau frekuensi dari tiap puncak (Irnawati, Riyanto *et al.*, 2021). Selain pengujian kualitatif, FTIR mampu digunakan sebagai analisis kuantitatif dengan menggunakan perbandingan absorbansi dan konsentrasi gugus fungsional sesuai dengan hukum *Lambert-Beer* (Rahayu *et al.*, 2018). Saat ini, perkembangan FTIR telah digunakan secara luas

dalam bidang farmasi, makanan, dan lingkungan.

Kemampuan analisis FTIR sebagai alat sidik jari dan kinerjanya yang cepat dan sangat penting kekuatan teknik ini dan dapat digunakan untuk analisis rutin untuk autentikasi halal (Mursyidi, 2013). FTIR sendiri merupakan metode analisis kuat yang mempunyai kemampuan untuk membedakan spektrum antara sampel yang berbeda melalui pengamatan puncak (Guntarti and Prativi, 2017). Prinsip kerja FTIR mampu diaplikasikan sebagai metode untuk autentikasi halal pada pengolahan produk.

3.4 Keuntungan dan Kelemahan FTIR

Keuntungan utama pada FTIR dibandingkan spektrofotometer dan metode lain adalah spektroskopi FTIR mempunyai sensitifitas yang tinggi, mampu memberikan energi yang lebih tinggi, serta mampu meningkatkan kecepatan pembacaan spektra IR (Andina *et al.*, 2018). Penggunaan FTIR biasanya dikombinasikan dengan kemometrika mampu dengan mudah menganalisa informasi spektra (Rohman *et al.*, 2016). FTIR juga dikenal sebagai teknik sidik jari (*fingerprint*) yang berarti bahwa tidak ada 2 senyawa yang mempunyai jumlah puncak atau intensitas absorbansi yang sama (Anjar Windarsih dan Abdul Rohman, 2014). FTIR menawarkan teknik yang cepat dan tidak merusak untuk karakterisasi kualitatif dan pengukuran kuantitatif; namun mempunyai keterbatasan yaitu FTIR hanya mampu untuk formulasi tertentu karena FTIR merupakan teknik sidik jari dengan prinsip pembacaan *infrared* pada gugus karbon senyawa (Irnawati, Riyanto *et al.*, 2021).

3.5 Aplikasi FTIR

Spektroskopi terbukti menjadi teknik yang berguna dalam menangani berbagai masalah pemalsuan.

Penelitian oleh Pebriana *et al.*, 2017 menyatakan FTIR mampu mengidentifikasi daging tikus pada sosis sapi pada bilangan gelombang 750-1800 cm^{-1} . Penelitian lain oleh Sari and Guntarti, 2018 menunjukkan pada bilangan gelombang 1250-900 cm^{-1} mampu mendeteksi campuran daging babi pada sosis sapi. FTIR juga mampu mendeteksi campuran gelatin dari babi yang ditunjukkan pada bilangan gelombang 1722-1487 cm^{-1} (Hassan, Ahmad and Zain, 2018). Analisis lain dengan menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 3100-660 cm^{-1} mampu mengkuantifikasi lemak babi dalam campuran lemak sapi (Irnawati, Ruslin *et al.*, 2021). Kombinasi bilangan gelombang FTIR yaitu 1782-1623 cm^{-1} dan 1485-659 cm^{-1} mampu mendeteksi daging anjing dalam bakso sapi (Rahayu *et al.*, 2018).

Dari beberapa penelitian diatas menunjukkan kandungan babi dapat dideteksi dengan FTIR pada rentan bilangan gelombang 700-963 cm^{-1} menunjukkan vibrasi pada gugus fungsi C-H, sedangkan bilangan gelombang 1009-1300 cm^{-1} menunjukkan vibrasi uluran pada gugus C-O. Kemudian rentan bilangan gelombang 1330-1500 dan 2800-2922 cm^{-1} menunjukkan vibrasi uluran pada ikatan gugus $-\text{CH}_2$ dan $-\text{CH}_3$. Selain itu bilangan gelombang 3007 cm^{-1} menunjukkan uluran cis C=H dan 3200-3500 cm^{-1} menunjukkan vibrasi gugus C=O (Irnawati, Ruslin *et al.*, 2021).

FTIR tidak hanya mampu mendeteksi campuran pada produk olahan, tetapi mampu mendeksi campuran pada minyak ikan. Penelitian oleh Rohman, Widyaningtyas and Amalia, 2017, menyatakan pada bilangan gelombang 1250-950 cm^{-1} FTIR mampu mendeteksi campuran minyak kelapa pada minyak ikan cod. Kombinasi bilangan gelombang 1001-1501 cm^{-1} , 1776-1712 cm^{-1} dan 2981 cm^{-1} pada FTIR mampu mendeteksi campuran pada minyak ikan patin Putri, Rohman and Riyanto, 2019). FTIR juga

mampu mengidentifikasi minyak ikan bandeng dalam campuran minyak sawit yang ditunjukkan pada bilanga gelombang 3100-670 cm^{-1} (Mustafidah *et al.*, 2021).

Selain minyak ikan, FTIR juga mampu mengotentikasi minyak nabati seperti autentikasi minyak *avocado* dalam campuran minyak sawit dan minyak kanola yang tunjukkan pada bilangan gelombang 3025-2850 cm^{-1} dan 1260-900 cm^{-1} (Rohman *et al.*, 2016). Aplikasi lain FTIR yaitu pada bilangan gelombang 1800-663 cm^{-1} mampu mengidentifikasi minyak biji labu dalam minyak wijen (Irnawati *et al.*, 2020).

Aplikasi FTIR selain untuk mengidentifikasi campuran, juga mampu membedakan spesies, yaitu pada bilangan gelombang 3500-650 cm^{-1} mampu membedakan minyak biji labu dari berbagai spesies dan mampu memprediksi aktivitas antioksidan dari minyak biji labu (Irnawati *et al.*, 2021). Aplikasi FTIR dapat digunakan sebagai deteksi aktivtitivas pada ekstrak tanaman (Ikhsan *et al.*, 2021). Bilangan gelombang 1745, 2854 dan 3329 cm^{-1} mampu mendeteksi kandungan mineral oil pada sampel (Mursyidi, A., Subroto and Suwarno, 2018), juga mampu identifikasi kandungan minyak babi pada kosmetik pada bilangan gelombang 1200-1000 cm^{-1} (Lukitaningsih and Sa, 2012), autentikasi gelatin pada pasta gigi yang ditunjukkan pada kombinasi bilangan gelombang 3600-2300 cm^{-1} , 1656-1644 cm^{-1} , 1560-1335 cm^{-1} dan 1240-670 cm^{-1} (Rahayu, Utami and Mahardika, 2021). Berdasarkan dari penelitian diatas, FTIR mampu menjadi metode untuk analisis halal atau analisis komponen campuran dalam produk olahan sebagai wujud perlindungan kepada konsumen.

4. KESIMPULAN

Aplikasi FTIR dapat digunakan sebagai instrument

analisis deteksi bahan non-halal secara cepat dan tepat melihat dari profil spektra pada gugus fungsi olahan makan. Dengan menggunakan rentan bilangan gelombang 700-3700 cm^{-1} mampu mendeteksi profil campuran bahan non-halal seperti anjing dan babi pada olahan makanan. Pengembangan FTIR sebagai *instrument* halal perlu banyak pengujian serta dukungan dari berbagai pihak agar analisis halal kedepan menjadi metode yang mudah, cepat sehingga mampu memberikan hasil yang lebih optimal serta mampu menjamin produk olahan dari cemaran bahan yang tidak halal.

5. REFERENCES

- Andina, L. *et al.* (2018) 'Infrared spectroscopy and multivariate calibration for the rapid quantification of free fatty acid content in pangasius hypothalamus oil', *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 10(6), pp. 199–203. doi: 10.22159/ijap.2018v10i6.28969.
- Anjar Windarsih dan Abdul Rohman (2014) 'Aplikasi Metode Spektroskopi Iframerah yang Dikombinasikan dengan Kemometrika Untuk Autentikasi Minyak Buah Alpukat (*Persea americana* Mill)', *jurnal UGM*.
- Che Man, Y. B., Rohman, A. and Mansor, T. S. T. (2011) 'Differentiation of lard from other edible fats and oils using Fourier transform infrared spectroscopy and chemometrics', *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(2), pp. 187–192. doi: 10.1007/s11746-010-1659-x.
- Guntarti, A. and Prativi, S. R. (2017) 'Application method of Fourier Transform Infrared (FTIR) combined with chemometrics for analysis of rat meat (*Rattus Diardi*) in meatballs beef', *Pharmaciana*, 7(2), p. 133. doi: 10.12928/pharmaciana.v7i2.4247.
- Hassan, N., Ahmad, T. and Zain, N. M. (2018) 'Chemical and Chemometric Methods for Halal Authentication of Gelatin: An Overview', *Journal of Food Science*, 83(12), pp. 2903–2911. doi: 10.1111/1750-3841.14370.
- Hossain, M. A. M. *et al.* (2020) 'Authentication of Halal and Kosher meat and meat products: Analytical approaches, current progresses and future prospects', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), pp. 1–26. doi: 10.1080/10408398.2020.1814691.
- Ikhsan, A. N. *et al.* (2021) 'Applications of FTIR Spectroscopy and Chemometrics for the Prediction of Radical Scavenging Activities of Fish Oils', *Indonesian Journal of Pharmacy*, 32(2), pp. 166–174.
- Inawati *et al.* (2020) 'The employment of FTIR spectroscopy and chemometrics for authentication of pumpkin seed oil from sesame oil', *Food Research*, 4(1), pp. 42–48. doi: 10.26656/fr.2017.4(1).198.
- Inawati, I., Ruslin, *et al.* (2021) 'Autentikasi Halal : Aplikasi Spektroskopi FTIR Kombinasi Kemometrika untuk Analisis Lemak Babi dalam Campuran Biner dengan Lemak Sapi', *Indonesian Journal of Chemometrics and Pharmaceutical Analysis*, 1(2), pp. 102–109.
- Inawati, I., Riyanto, S., *et al.* (2021) 'The employment of FTIR spectroscopy and chemometrics for the classification and prediction of antioxidant activities of pumpkin seed oils from different origins', *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 11(5), pp. 100–107. doi: 10.7324/JAPS.2021.110514.
- Lukitaningsih, E. and Sa, M. (2012) 'Quantitative Analysis of Lard in Cosmetic Lotion Formulation Using FTIR Spectroscopy and Partial Least Square Calibration', *J Am Oil Chem Soc*, 89, pp. 1537–1543. doi: 10.1007/s11746-012-2052-8.
- Mursyidi, A., A., Subroto, C. and Suwarno (2018) 'Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy analysis of transformer paper in mineral oil-paper composite insulation under accelerated thermal aging', *Energies*, 11(2). doi: 10.3390/en11020364.
- Mursyidi, A. (2013) 'The Role of Chemical Analysis in the Halal Authentication of Food and Pharmaceutical Products', *J.Food Pharm.Sci.*, 1(2013), pp. 1–4.
- Mustafidah, M. *et al.* (2021) 'Authentication analysis of milkfish fish oil using the combination of FTIR spectroscopy and chemometrics', *Food Research*, 5(2), pp. 272–278. doi: 10.26656/fr.2017.5(2).607.
- Nurjuliana, M. *et al.* (2011) 'Rapid identification of pork for halal authentication using the electronic nose and gas chromatography mass spectrometer with headspace analyzer', *Meat Science*, 88(4), pp. 638–644. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.02.022.
- Pebriana, R. B. *et al.* (2017) 'Development of FTIR spectroscopy in combination with chemometrics for analysis of rat meat in beef sausage employing three lipid extraction systems', *International Journal of Food Properties*, 20(2), pp. 1995–2005. doi: 10.1080/10942912.2017.1361969.
- Putri, A. R., Rohman, A. and Riyanto, S. (2019) 'Authentication of patin (*pangasius micronemus*) fish oil adulterated with palm oil using FTIR spectroscopy combined with chemometrics', *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 11(3), pp. 195–199. doi: 10.22159/ijap.2019v11i3.30947.
- Rahayu, W. S. *et al.* (2018) 'Application of FTIR spectroscopy and chemometrics for halal authentication of beef meatball adulterated with dog meat', *Indonesian Journal of Chemistry*, 18(2), pp. 376–381. doi: 10.22146/ijc.27159.
- Rahayu, W. S., Utami, P. I. and Mahardika, B. (2021) 'Halal Authentication of Toothpaste with FTIR Combine with Chemometrics', *Indonesian Journal of Chemometrics and Pharmaceutical Analysis*, 1(2), pp. 78–82.

Rohaeti, E. *et al.* (2015) 'Fourier Transform Infrared Spectroscopy Combined with Chemometrics for Discrimination of *Curcuma longa*, *Curcuma xanthorrhiza* and *Zingiber cassumunar*', *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 137, pp. 1244–1249. doi: 10.1016/j.saa.2014.08.139.

Rohman, A. *et al.* (2016) 'Fourier Transform Infrared Spectroscopy Combined with Multivariate Calibrations for the Authentication of Avocado Oil', *International Journal of Food Properties*, 19(3), pp. 680–687. doi: 10.1080/10942912.2015.1039029.

Rohman, A. *et al.* (2020) 'Comprehensive Review on Application of FTIR Spectroscopy Coupled with Chemometrics for', *Molecules*, 25(5485), pp. 1–28.

Rohman, A., Widyaningtyas, R. and Amalia, F. (2017) 'Authentication of cod liver oil from selected edible oils using FTIR spectrophotometry and chemometrics', *International Food Research Journal*, 24(4), pp. 1362–1367.

Sari, Tengku N. Indah and Guntarti, A. (2018) 'Wild boar fat analysis in beef sausage using Fourier Transform Infrared (FTIR) method combined with chemometrics', *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*, 8(9), pp. 16–23. doi: 10.20885/JKKI.Vol9.Iss1.art4.