



FUNCTIONAL GROUP PROFILING OF GELATIN-BASED TRANSPARENT CAPSULE SHELLS USING FTIR-ATR SPECTROSCOPY

Saddam Husein^{1)*}, Rafi Andrean Permana¹⁾, Putri Amalia, and Candra Saka Nusantari²⁾,

¹⁾Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Malahayati, Jl. Pramuka No.27, Kemiling Permai, Kec. Kemiling, Kota Bandar Lampung, 35152 Indonesia.

²⁾Program DIII Analis Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Malahayati, Jl. Pramuka No.27, Kemiling Permai, Kec. Kemiling, Kota Bandar Lampung, 35152 Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 Apr 2026,

Revised 15 May 2026,

Accepted 17 May 2026

Available online 09 Jun 2026

Keywords:

✓ FTIR-ATR;

✓ Gelatin source;

✓ Online stores;

✓ Comparative analysis

*corresponding author:

[saddam.husein@malahayati.](mailto:saddam.husein@malahayati.ac.id)

ac.id

Phone: +62 81938487444

[https://doi.org/10.31938/jsn.v](https://doi.org/10.31938/jsn.v16i2.976)

[16i2.976](https://doi.org/10.31938/jsn.v16i2.976)

ABSTRACT

Transparent capsule shells are widely used as oral dosage forms; however, information regarding the source of gelatin is often unclear, potentially affecting product quality, safety, and halal status. This study aimed to profile ten samples of transparent capsule shells obtained from online stores using Fourier Transform Infrared Spectroscopy-Attenuated Total Reflectance (FTIR-ATR) and to compare their spectral characteristics with bovine, porcine, and fish gelatin standards. This laboratory experimental study employed FTIR-ATR analysis within the wavelength range of 4500-650 cm^{-1} . The results demonstrated that all capsule samples exhibited characteristic gelatin absorption bands in the Amide A, Amide I, Amide II, and Amide III regions. Based on Principal Component Analysis (PCA) and comparison with gelatin standards, 9 out of 10 samples (90%) showed spectral similarity to porcine gelatin, while 1 sample (10%) showed similarity to fish gelatin. No samples demonstrated dominant similarity to bovine gelatin. Sample K2 was classified as being closer to fish gelatin, whereas samples K1, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, and K10 were classified as being closer to porcine gelatin. These findings indicate that FTIR-ATR is effective for profiling the chemical characteristics of transparent capsule shells and can be utilized as an analytical tool for identifying gelatin sources, thereby supporting quality control and consumer safety.

ABSTRAK

Pemprofilan Gugus Fungsi Cangkang Kapsul Transparan Berbasis Gelatin Menggunakan Spektroskopi FTIR-ATR

Cangkang kapsul transparan banyak digunakan sebagai bentuk sediaan oral, namun informasi mengenai sumber gelatin sering kali tidak jelas sehingga berpotensi memengaruhi kualitas produk, keamanan, dan status kehalalan. Penelitian ini bertujuan untuk memprofilkan sepuluh sampel cangkang kapsul transparan yang diperoleh dari toko online menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy-Attenuated Total Reflectance* (FTIR-ATR), serta membandingkan karakteristik spektrumnya dengan standar gelatin sapi, babi, dan ikan. Penelitian eksperimental laboratorium ini menggunakan analisis FTIR-ATR pada rentang bilangan gelombang 4500-650 cm^{-1} . Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh sampel kapsul memiliki pita serapan khas gelatin pada daerah Amida A, Amida I, Amida II, dan Amida III. Berdasarkan analisis *Principal Component Analysis* (PCA) dan perbandingan dengan standar gelatin, 9 dari 10 sampel (90%) menunjukkan kemiripan spektrum dengan gelatin babi, sedangkan 1 sampel (10%) menunjukkan kemiripan dengan gelatin ikan. Tidak terdapat sampel yang menunjukkan kemiripan dominan dengan gelatin sapi. Sampel K2 diklasifikasikan lebih dekat dengan gelatin ikan, sedangkan sampel K1, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, dan K10 diklasifikasikan lebih dekat dengan gelatin babi. Temuan ini menunjukkan bahwa FTIR-ATR efektif untuk memprofilkan karakteristik kimia cangkang kapsul transparan dan dapat digunakan sebagai alat analisis untuk mengidentifikasi sumber gelatin, sehingga mendukung pengendalian mutu dan keamanan konsumen.

Kata kunci: FTIR-ATR; sumber gelatin; cangkang kapsul; PCA; analisis komparatif.



PENDAHULUAN

Cangkang kapsul berfungsi sebagai wadah untuk obat, melindungi komponen aktif, membantu penyerapan, dan mengendalikan ekskresinya dari tubuh. Kapsul ini biasanya terbuat dari gelatin yang berasal dari sapi, babi, atau ikan, karena mudah dicerna dan memiliki bioavailabilitas yang baik (Maharani *et al.*, 2021). Sumber gelatin global yang dominan adalah babi, yang mencapai 60-80%, sehingga menimbulkan masalah sertifikasi halal bagi konsumen Muslim, karena gelatin babi dilarang dalam produk farmasi halal (Aviani, 2021). Gelatin sapi dan ikan merupakan alternatif penting untuk memenuhi standar halal; namun, secara fisik sulit dibedakan dari gelatin babi, sehingga memerlukan teknik analisis yang tepat.

Di Indonesia, kejelasan sumber gelatin pada cangkang kapsul penting untuk mendukung perlindungan konsumen dan jaminan produk halal. Gelatin dapat berasal dari sapi, babi, atau ikan, sehingga informasi asal bahan perlu diperhatikan dalam pelabelan produk farmasi. Oleh karena itu, penggunaan FTIR-ATR menjadi relevan sebagai metode awal untuk memprofilkan gugus fungsi gelatin dan membantu mendeteksi kemungkinan perbedaan sumber gelatin pada cangkang kapsul yang beredar di pasaran (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia., 2010).

Meskipun FTIR-ATR telah banyak digunakan untuk autentikasi gelatin, penelitian yang secara khusus mengevaluasi cangkang kapsul transparan dari pasar daring melalui pengukuran ATR langsung dan perbandingan dengan standar gelatin sapi, babi, dan ikan masih terbatas. Teknik tradisional seperti PCR dan ELISA dapat mengidentifikasi DNA atau protein babi. Namun, metode ini memiliki keterbatasan: bersifat merusak, memerlukan persiapan yang rumit, dan rentan terhadap degradasi DNA akibat pemrosesan kapsul yang ekstensif (Grundy *et al.*, 2016). Skenario ini membutuhkan implementasi teknik *non-destruktif* dan cepat untuk verifikasi halal produk kapsul.

Fourier Transform Infrared Spectroscopy-Attenuated Total Reflectance (FTIR-ATR) berpotensi digunakan untuk memprofilkan gugus fungsi gelatin dan mendukung pembedaan awal sumber gelatin pada cangkang kapsul (Cebi *et al.*, 2016). Teknik ini cepat, tepat, dan *non-invasif*, sehingga cocok untuk verifikasi halal produk farmasi. FTIR-ATR dapat langsung digunakan pada

cangkang kapsul yang telah diproses, termasuk yang mengandung pewarna dan bahan pengental, sehingga menawarkan metode otentikasi yang efektif dan dapat diandalkan. Oleh karena itu, penelitian mengenai penggunaan FTIR-ATR untuk autentikasi sumber gelatin pada cangkang kapsul perlu dilakukan guna mendukung metode identifikasi yang cepat, akurat, dan efisien.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria yang sesuai dengan tujuan penelitian. Sampel yang digunakan berupa sepuluh cangkang kapsul transparan kosong berbasis gelatin yang diperoleh dari toko daring. Sampel terdiri atas produk bermerek dan tidak bermerek untuk mengFig.kan variasi cangkang kapsul kosong yang beredar di pasar daring.

Kriteria inklusi meliputi cangkang kapsul transparan kosong, dijual bebas melalui toko daring, berbahan dasar gelatin, serta memiliki kondisi fisik yang utuh. Kriteria eksklusi meliputi kapsul yang telah berisi bahan aktif, kapsul berwarna pekat, kapsul rusak, dan kapsul yang tidak sesuai dengan karakteristik cangkang kapsul transparan berbasis gelatin.

Selain sampel kapsul, penelitian ini menggunakan standar gelatin sapi (*bovine*), gelatin babi (*porcine*), dan gelatin ikan (*fish*) sebagai pembanding spektrum. Standar tersebut digunakan untuk mengevaluasi kemiripan pola spektral antara sampel kapsul dan gelatin referensi. Setiap sampel diberi kode K1 hingga K10 untuk memudahkan identifikasi selama proses pengukuran dan analisis data.

Pemilihan sampel bertujuan untuk memperoleh profil spektrum FTIR-ATR dari cangkang kapsul transparan kosong yang beredar di toko daring. Data yang diperoleh digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi gelatin serta membandingkan karakteristik spektralnya dengan standar gelatin sapi, babi, dan ikan.

Metode

Persiapan Sampel

Setiap sampel cangkang kapsul dipisahkan dari kemasannya, diperiksa secara visual untuk memastikan kondisi sampel tetap utuh dan tidak

rusak. Bagian yang dianalisis adalah cangkang kapsul, baik bagian badan maupun tutup kapsul. Sampel dipotong secukupnya agar dapat menempel secara stabil pada kristal ATR selama pengukuran. Sampel dikeringkan pada suhu 30 °C selama 1-2 jam. Suhu ini dipilih karena relatif rendah, sehingga dapat membantu mengurangi kelembaban tanpa merusak matriks gelatin atau mengubah struktur kimia cangkang kapsul. Pengerinan dilakukan untuk meminimalkan gangguan air pada spektrum FTIR-ATR, terutama pada daerah serapan O-H dan N-H.

Pengukuran Spektrum FTIR-ATR

Spektrum sampel dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy-Attenuated Total Reflectance* atau FTIR-ATR. Setiap sampel diletakkan langsung pada kristal ATR dan dipastikan memiliki kontak yang stabil selama pengukuran. Kontak sampel dengan kristal ATR dijaga sekonsisten mungkin untuk mengurangi variasi teknis antar sampel. Pengukuran dilakukan pada rentang bilangan gelombang 4500-650 cm^{-1} dengan resolusi 4 cm^{-1} . Setiap sampel diukur sebanyak tiga kali. Spektrum akhir diperoleh dari rata-rata tiga kali pengukuran untuk meningkatkan konsistensi data.

Pra-Pemrosesan Spektrum

Data spektrum yang diperoleh diproses sebelum dianalisis lebih lanjut. Pra-pemrosesan spektrum meliputi koreksi garis dasar, penghalusan spektrum jika diperlukan, dan normalisasi. Normalisasi dilakukan untuk mengurangi pengaruh variasi teknis, seperti ketebalan sampel, kadar air, tekanan kontak, serta perbedaan kontak sampel dengan kristal ATR. Langkah ini penting agar perbandingan intensitas antar sampel tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi pengukuran, tetapi lebih mencerminkan perbedaan karakteristik kimia pada sampel.

Perbandingan dengan Spektrum Referensi

Spektrum sampel K1 sampai K10 dibandingkan dengan spektrum standar gelatin sapi, babi, dan ikan. Perbandingan dilakukan dengan memperhatikan daerah serapan khas gelatin, terutama Amida A, Amida I, Amida II, Amida III, dan daerah *fingerpint* pada kisaran 1700-1000 cm^{-1} . Perbandingan ini digunakan sebagai

pemprofilan awal gugus fungsi gelatin, bukan sebagai penentuan pasti asal gelatin. Interpretasi dilakukan secara hati-hati karena spektrum gelatin dari berbagai sumber biologis dapat menunjukkan pola yang sangat mirip.

Analisis PCA

Untuk mendukung interpretasi visual, data spektrum dianalisis menggunakan *Principal Component Analysis* atau PCA. Analisis PCA digunakan untuk melihat pola pemisahan antara sampel kapsul dan standar gelatin sapi, babi, serta ikan berdasarkan kemiripan spektral.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fig. 1 menunjukkan spektrum FTIR-ATR dari tiga gelatin standar, yaitu gelatin sapi, ikan, dan babi, pada rentang bilangan gelombang sekitar 4500 sampai 1000 cm^{-1} . Secara umum, ketiga spektrum memperlihatkan pola yang mirip karena gelatin dari ketiga sumber tersebut sama-sama merupakan protein hasil hidrolisis parsial kolagen (Karim & Bhat, 2009). Struktur dasarnya yang sama, yaitu rantai polipeptida yang mengandung ikatan amida, maka pita serapan utama ketiganya muncul pada daerah yang relatif berdekatan. Hal ini sejalan dengan Hassan *et al.* (2021), yang menyatakan bahwa spektrum gelatin sapi, babi, dan ikan memiliki kemiripan besar, dengan puncak utama pada daerah Amida A, Amida I, Amida II, dan Amida III.

Namun, meskipun pola umumnya mirip, terdapat perbedaan intensitas dan bentuk pita serapan, terutama pada daerah 1700 sampai 1000 cm^{-1} (Debnath *et al.*, 2022). Daerah ini penting karena merupakan daerah *fingerpint* protein, yaitu daerah yang paling banyak memuat informasi khas mengenai struktur kimia dan komposisi molekul gelatin. Perbesaran Fig. 1 (kanan) menunjukkan bahwa gelatin babi memiliki lembah serapan yang lebih tajam dan lebih dalam dibandingkan gelatin sapi dan ikan, terutama pada sekitar 1650, 1540, 1450, 1230, dan 1080 cm^{-1} . Gelatin sapi tampak memiliki intensitas serapan yang relatif lebih rendah, sedangkan gelatin ikan berada di antara sapi dan babi pada beberapa pita (Hermanto *et al.*, 2013).

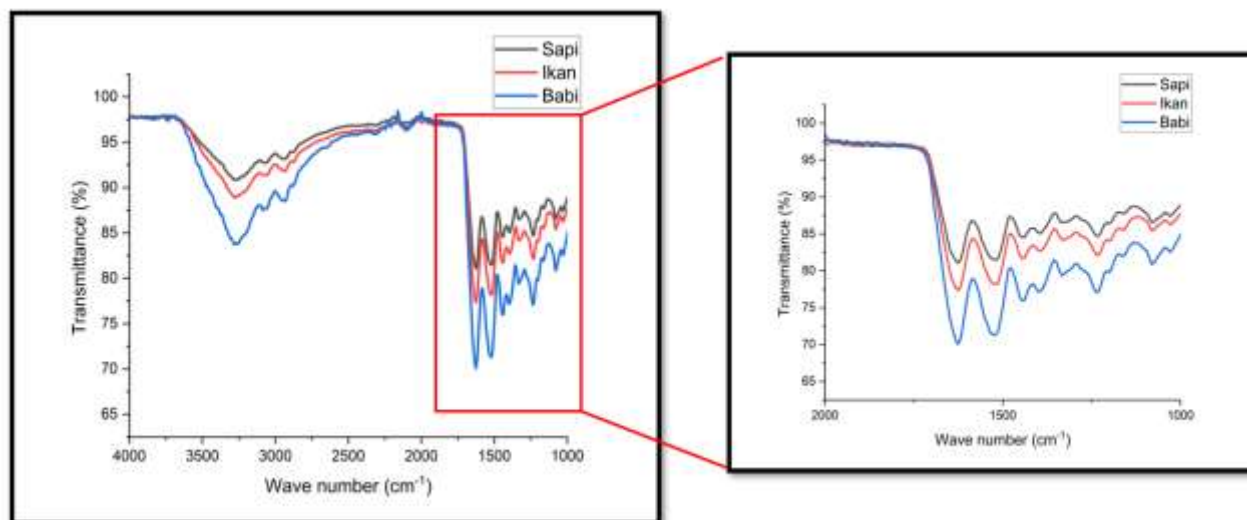


Figure 1. FTIR-ATR Spectra of Beef, Fish, and Pork Gelatin Standards

Pada daerah sekitar 3300 sampai 3270 cm^{-1} , ketiga gelatin menunjukkan pita lebar yang berkaitan dengan Amida A. Pita ini umumnya berasal dari vibrasi regangan N-H dan O-H yang berasosiasi dengan ikatan hidrogen serta kandungan air pada gelatin (Gómez-Guillén *et al.*, 2011). Pada Fig. 1, gelatin babi tampak memiliki serapan paling kuat pada daerah ini, sedangkan gelatin sapi dan ikan menunjukkan serapan yang lebih ringan. Perbedaan ini dapat dikaitkan dengan variasi ikatan hidrogen, kadar air, dan lingkungan molekuler rantai protein. Hassan *et al.* (2021) juga melaporkan bahwa Amida A pada gelatin berada pada kisaran 3310 sampai 3270 cm^{-1} . Pada daerah sekitar 2930 sampai 2850 cm^{-1} , muncul pita yang berhubungan dengan vibrasi C-H alifatik dari gugus CH_2 dan CH_3 . Pita ini biasanya lebih kecil dibandingkan pita amida, tetapi tetap berguna untuk melihat perbedaan komposisi rantai samping asam amino.

Daerah sekitar 1650 cm^{-1} merupakan Amida I, yang terutama berasal dari vibrasi regangan C=O pada ikatan peptida. Daerah ini sangat penting karena sensitif terhadap struktur sekunder protein. Pada Fig. 1 pembesaran, gelatin babi menunjukkan penurunan kurva yang paling kuat pada daerah ini, disusul gelatin ikan, dan terakhir gelatin sapi. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan intensitas vibrasi karbonil pada struktur protein masing-masing gelatin. Cebi *et al.* (2016) juga melaporkan bahwa gelatin sapi, babi, dan ikan memiliki puncak utama pada Amida I di daerah 1700 sampai 1600

cm^{-1} , dan daerah ini dapat digunakan untuk klasifikasi sumber gelatin jika dikombinasikan dengan kemometrik.

Daerah sekitar 1540 sampai 1520 cm^{-1} merupakan Amida II, yang berhubungan dengan tekukan N-H dan regangan C-N. Pada Fig. 1, daerah ini memperlihatkan perbedaan yang cukup jelas. Gelatin babi tampak memiliki pita yang lebih dalam, sedangkan gelatin sapi lebih tinggi dan tidak sedalam babi. Perbedaan ini penting karena Hashim *et al.* (2010) menggunakan daerah sekitar 1660 sampai 1200 cm^{-1} sebagai daerah kalibrasi untuk membedakan gelatin sapi dan babi melalui FTIR-ATR yang dikombinasikan dengan PCA dan analisis diskriminan.

Daerah sekitar 1450 sampai 1400 cm^{-1} juga penting karena berkaitan dengan deformasi CH_2 , vibrasi C-N, dan kontribusi dari gugus karboksilat. Penelitian Hassan *et al.* (2021) menemukan bahwa gelatin sapi, babi, dan ikan memiliki bilangan gelombang dominan yang berbeda pada daerah ini. Gelatin sapi dominan pada 1470 sampai 1475 cm^{-1} , gelatin babi pada 1444 sampai 1450 cm^{-1} , sedangkan gelatin ikan pada 1496 sampai 1500 cm^{-1} . Hasil tersebut sesuai dengan Fig. 1, karena perbedaan paling jelas justru terlihat pada daerah pembesaran 1500 sampai 1400 cm^{-1} .

Daerah sekitar 1240 sampai 1000 cm^{-1} merupakan bagian dari Amida III dan daerah *fingerprint*. Pita ini berasal dari kombinasi regangan C-N dan tekukan N-H. Fig. 1, gelatin babi

menunjukkan pola serapan yang lebih tajam dan kompleks pada daerah ini. Gelatin ikan juga menunjukkan pola berbeda, terutama pada daerah sekitar 1300 sampai 1200 cm^{-1} . Hassan et al. (2021) melaporkan bahwa daerah Amida III memberikan informasi pembeda, dengan gelatin sapi dominan pada sekitar 1228 sampai 1252 cm^{-1} , gelatin babi pada sekitar 1071 sampai 1096 cm^{-1} , dan gelatin ikan pada sekitar 1280 sampai 1303 cm^{-1} .

Hasil pada Fig. 1 tersebut selaras dengan penelitian Hashim et al. (2010), yang menyatakan bahwa spektrum gelatin sapi dan babi sangat mirip sehingga perbedaannya sulit ditentukan hanya dengan pengamatan visual. Penelitiannya menggunakan FTIR-ATR yang dikombinasikan dengan PCA dan analisis diskriminan, khususnya pada daerah 3290 sampai 3280 cm^{-1} dan 1660 sampai 1200 cm^{-1} . Hasilnya menunjukkan bahwa gelatin sapi dan babi dapat dibedakan secara jelas melalui analisis kemometrik. Dengan demikian, Fig. 1 sudah menunjukkan kecenderungan perbedaan, tetapi untuk kesimpulan kuat tetap diperlukan analisis statistik seperti PCA, PLS-DA, atau analisis diskriminan.

Penelitian Cebi et al. (2016) juga mendukung hasil ini. Hasil penelitiannya menyatakan gelatin sapi, babi, dan ikan menggunakan ATR-FTIR dan menemukan bahwa ketiga sumber gelatin dapat diklasifikasikan berdasarkan daerah Amida I, Amida II, dan Amida III. Penelitian tersebut melaporkan bahwa puncak utama gelatin berada pada 1700 sampai 1600 cm^{-1} untuk Amida I, 1565 sampai 1520 cm^{-1} untuk Amida II, dan 1240 sampai 670 cm^{-1} untuk Amida III. Daerah-daerah ini sama dengan daerah pembeda utama yang terlihat pada Fig. 1.

Hassan et al. (2021) memberikan perbandingan yang lebih spesifik karena mereka membedakan gelatin sapi, babi, dan ikan menggunakan FTIR yang dikombinasikan dengan metode kemometrik *fuzzy autocatalytic set*. Mereka menemukan bahwa setiap jenis gelatin memiliki bilangan gelombang dominan yang khas, yaitu sapi pada 1470 sampai 1475 cm^{-1} , babi pada 1444 sampai 1450 cm^{-1} , dan ikan pada 1496 sampai 1500 cm^{-1} . Pada Fig. 1 daerah sekitar 1500 sampai 1400 cm^{-1} memang memperlihatkan perbedaan bentuk dan intensitas yang cukup jelas.

Table 1. Fingerprint on Gelatin Standards from Previous Research

No.	Daerah Serapan	Rentang Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus atau Utama	Fungsi Vibrasi	Interpretasi Spektral
1	Amida A	3310–3270	Regangan dan O-H	N-H	Menunjukkan adanya ikatan hidrogen, gugus amina, dan kemungkinan pengaruh kadar air pada matriks gelatin.
2	Regangan C-H	2930–2850	Regangan dari gugus dan CH_3	C-H CH_2	Menunjukkan keberadaan rantai alifatik pada struktur protein gelatin atau bahan tambahan organik pada cangkang kapsul.
3	Amida I	1700–1600	Regangan pada ikatan peptida	C=O	Menjadi pita utama gelatin yang sensitif terhadap struktur sekunder protein.
4	Amida II	1565–1520	Tekukan N-H dan regangan C-N	N-H dan C-N	Menunjukkan vibrasi ikatan peptida dan mendukung keberadaan struktur protein gelatin.
5	Daerah CH_2/COO^-	1450–1400	Deformasi dan vibrasi gugus karboksilat	CH_2 dan gugus karboksilat	Dapat menunjukkan perbedaan halus antar sumber gelatin, terutama pada daerah perbandingan spektral.
6	Amida III / fingerprint	1240–1000	Regangan dan tekukan N-H	C-N dan N-H	Merupakan daerah penting untuk melihat variasi pola spektrum antar sampel dan standar gelatin.

Sumber : (Hasan, 2021)

Dalam konteks cangkang kapsul, Mustafa et al. (2025) melaporkan bahwa FTIR-ATR dapat digunakan untuk membedakan kapsul gelatin berbasis *porcine* dan *non-porcine*. Hasilnya menemukan bahwa spektrum kapsul memiliki kemiripan karena sama-sama mengandung gelatin, tetapi perbedaan halus dapat diamati pada daerah 3600 sampai 3000 cm^{-1} dan 1700 sampai 1000 cm^{-1} . Hal ini penting sebagai reafrensi, karena standar gelatin ini dapat dijadikan acuan perbandingan terhadap sampel cangkang kapsul transparan dari toko online (Fig. 1).

Supandi et al. (2024) juga menunjukkan bahwa spektrum FTIR gelatin sapi dan babi dapat tampak sangat mirip, tetapi dapat dibedakan melalui PCA dan PLS. Penelitian tersebut menegaskan bahwa perbedaan sumber gelatin lebih akurat, jika dianalisis melalui pola intensitas absorbansi pada beberapa bilangan gelombang, bukan hanya satu puncak tunggal.

Untuk memperjelas interpretasi spektrum FTIR-ATR, pita serapan khas gelatin pada standar gelatin dan sampel cangkang kapsul dirangkum pada *Table 1*. Tabel tersebut digunakan untuk menunjukkan daerah bilangan gelombang utama yang berkaitan dengan gugus fungsi gelatin, sehingga pembahasan tidak hanya bergantung pada pengamatan visual terhadap bentuk spektrum.

Berdasarkan *Table 1*, hasil penelitian yang dilakukan oleh Hassan (2021) spektrum FTIR pada sampel cangkang kapsul, diperoleh beberapa daerah serapan khas yang menunjukkan karakteristik struktur protein gelatin. Interpretasi spektrum dilakukan berdasarkan rentang bilangan gelombang yang muncul pada masing-masing daerah serapan.

Pada daerah Amida A dengan rentang bilangan gelombang 3310-3270 cm^{-1} terlihat adanya pita serapan yang berkaitan dengan regangan gugus N-H dan O-H. Pita ini menunjukkan keberadaan ikatan hidrogen pada struktur gelatin, serta gugus amina yang merupakan ciri utama protein. Selain itu, keberadaan gugus O-H juga dapat dipengaruhi oleh kandungan air yang masih terikat pada matriks gelatin karena sifat gelatin yang higroskopis.

Daerah serapan pada 2930-2850 cm^{-1} menunjukkan regangan gugus C-H dari CH_2 dan CH_3 . Pita ini mengindikasikan adanya rantai alifatik pada struktur protein gelatin. Intensitas pita pada daerah ini juga dapat dipengaruhi oleh bahan tambahan organik yang terdapat pada cangkang

kapsul, seperti *plasticizer* atau zat aditif lainnya yang digunakan selama proses pembuatan kapsul.

Pita Amida I yang berada pada rentang 1700-1600 cm^{-1} merupakan salah satu daerah paling penting dalam analisis protein menggunakan FTIR. Serapan ini berasal dari regangan gugus karbonil (C=O) pada ikatan peptida. Pita Amida I sangat sensitif terhadap struktur sekunder protein sehingga sering digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik gelatin dan membandingkan kesamaan spektrum antara sampel dan standar gelatin.

Selanjutnya, pita Amida II pada rentang 1565-1520 cm^{-1} menunjukkan vibrasi tekukan N-H dan regangan C-N. Daerah ini mendukung keberadaan ikatan peptida yang menjadi komponen utama struktur protein gelatin. Kemunculan pita Amida II bersama Amida I memperkuat indikasi bahwa sampel memiliki karakteristik spektrum khas gelatin.

Pada daerah 1450-1400 cm^{-1} terdapat serapan yang berkaitan dengan deformasi gugus CH_2 dan vibrasi gugus karboksilat (COO^-). Daerah ini dapat digunakan sebagai perbandingan spectral, karena beberapa penelitian menunjukkan adanya perbedaan intensitas maupun bentuk pita antar sumber gelatin, seperti gelatin sapi, babi, atau ikan.

Daerah Amida III atau *fingerprint* pada rentang 1240-1000 cm^{-1} menunjukkan regangan C-N dan tekukan N-H. Daerah *fingerprint* merupakan bagian penting dalam analisis FTIR karena memiliki pola spektrum yang khas untuk setiap material. Oleh karena itu, daerah ini sering digunakan untuk melihat variasi pola spektrum antar sampel dan membandingkannya dengan standar gelatin tertentu.

Secara keseluruhan, keberadaan pita Amida A, Amida I, Amida II, serta Amida III menunjukkan karakteristik khas protein gelatin pada sampel cangkang kapsul. Pola spektrum yang terbentuk dapat digunakan sebagai dasar identifikasi dan perbandingan sumber gelatin melalui analisis spektral FTIR.

Spektrum FTIR-ATR pada Fig. 2 menunjukkan bahwa seluruh sampel kapsul K1 sampai K10 memiliki pola serapan yang relatif serupa. Kemiripan ini menunjukkan bahwa kesepuluh sampel memiliki komponen kimia utama yang sama atau sangat mirip, yaitu matriks berbasis gelatin. Gelatin merupakan protein hasil hidrolisis parsial kolagen, sehingga spektrumnya didominasi oleh pita serapan amida yang berasal dari ikatan

peptida (Rohman *et al.*, 2020). Pada penelitian Mustafa *et al.* (2025) terhadap kapsul gelatin, spektrum FTIR-ATR kapsul juga menunjukkan kemiripan kuat karena komponen utamanya sama, yaitu gelatin, tetapi tetap memiliki perbedaan kecil pada daerah 3600 sampai 3000 cm^{-1} dan 1700 sampai 1000 cm^{-1} .

Secara umum, spektrum pada Fig. 2 memperlihatkan beberapa daerah penting, yaitu sekitar 3300 cm^{-1} , 2930 sampai 2850 cm^{-1} , 1650 cm^{-1} , 1540 cm^{-1} , dan 1240 sampai 1000 cm^{-1} . Daerah-daerah tersebut merupakan daerah khas gelatin. Pita sekitar 3300 cm^{-1} berkaitan dengan vibrasi regangan N-H dan O-H, pita sekitar 2930 cm^{-1} berkaitan dengan regangan C-H alifatik, pita sekitar 1650 cm^{-1} berkaitan dengan Amida I atau regangan C=O, pita sekitar 1540 cm^{-1} berkaitan dengan Amida II atau tekukan N-H dan regangan C-N, sedangkan daerah 1240 sampai 1000 cm^{-1} berkaitan dengan Amida III dan daerah *fingerprnt* (Rohman & Che Man, 2012). Pembagian ini sejalan dengan laporan Mustafa *et al.* (2025) yang menyebutkan bahwa spektrum gelatin kapsul mengandung daerah Amida A, Amida I, Amida II, dan Amida III (Kong & Yu, 2007).

Pada daerah sekitar 3300 cm^{-1} , semua sampel menunjukkan pita lebar yang kuat. Pita ini menunjukkan adanya gugus N-H dari protein gelatin dan O-H yang dapat berasal dari air terikat dalam matriks kapsul. Pada Fig. 2, sampel K9 menunjukkan intensitas serapan paling besar pada daerah ini. Sedangkan, K2 dan K4 tampak memiliki intensitas yang lebih rendah dibandingkan beberapa sampel lain. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh variasi kadar air, ketebalan kapsul, kondisi

permukaan sampel ketika bersentuhan dengan kristal ATR, atau perbedaan formulasi bahan tambahan (Salamah *et al.*, 2023). Pada kapsul komersial, variasi intensitas seperti ini wajar karena produk dapat mengandung gelatin, air, *plasticizer*, serta bahan tambahan lain dalam proporsi yang tidak selalu identik.

Pada daerah 2930 sampai 2850 cm^{-1} , terlihat pita serapan yang berhubungan dengan vibrasi C-H dari gugus CH_2 dan CH_3 . Pita ini menunjukkan keberadaan struktur alifatik pada rantai protein atau bahan tambahan organik dalam kapsul (Nemati *et al.*, 2004). Akan tetapi, daerah ini tidak menunjukkan perbedaan paling dominan antar K1 sampai K10. Artinya, daerah ini dapat mendukung identifikasi keberadaan bahan organik, tetapi kurang kuat jika digunakan sebagai pembeda utama antar sampel kapsul.

Perbedaan yang lebih jelas terlihat pada daerah 1700 sampai 1000 cm^{-1} , terutama pada Fig. 2 pembesaran di sebelah kanan. Daerah ini merupakan daerah *fingerprnt* yang sangat penting untuk membedakan karakteristik sampel gelatin. Pada wilayah ini terlihat pita kuat sekitar 1650 cm^{-1} yang berkaitan dengan Amida I, sekitar 1540 cm^{-1} yang berkaitan dengan Amida II, serta beberapa pita pada 1450, 1400, 1330, 1240, dan 1080 cm^{-1} yang berkaitan dengan deformasi CH_2 , gugus karboksilat, regangan C-N, tekukan N-H, dan Amida III (Said *et al.*, 2011). Cebi *et al.* melaporkan bahwa gelatin sapi, babi, dan ikan memiliki puncak utama pada daerah Amida I sekitar 1700 sampai 1600 cm^{-1} , Amida II sekitar 1565 sampai 1520 cm^{-1} , dan Amida III sekitar 1240 sampai 670 cm^{-1} .

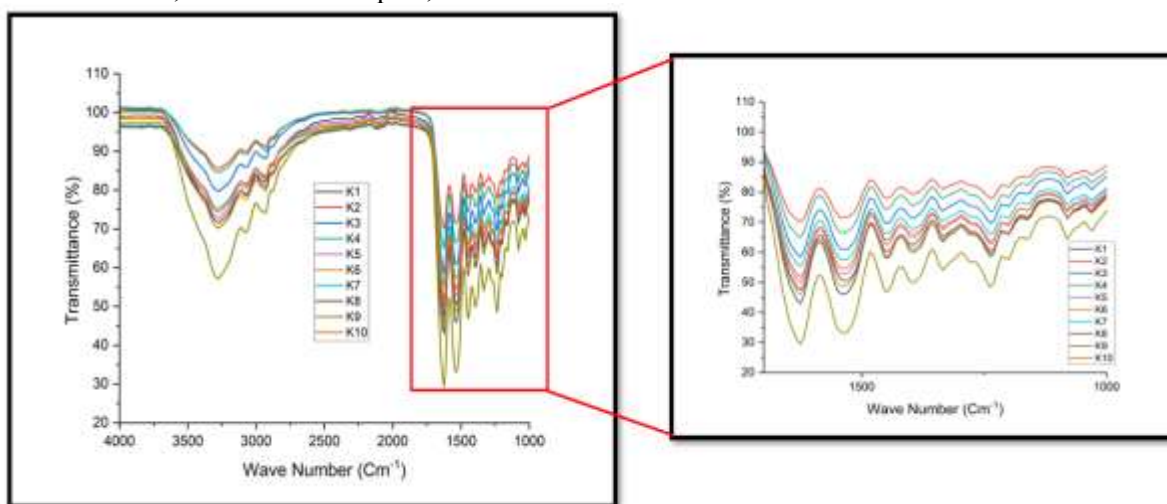


Figure 2. FTIR-ATR Spectra of 10 Transparent Capsule Samples

Pada Fig. 2, sampel K9 menunjukkan pita serapan paling kuat dan paling dalam pada daerah 1700 sampai 1000 cm^{-1} . Hal ini dapat menunjukkan bahwa K9 memiliki intensitas gugus amida yang lebih besar dibandingkan sampel lain, tetapi tidak boleh langsung diartikan bahwa K9 berasal dari sumber gelatin tertentu. Intensitas yang lebih kuat dapat dipengaruhi oleh ketebalan sampel, kontak sampel dengan permukaan ATR, kadar gelatin, kadar air, atau perbedaan proses produksi (Rohman *et al.*, 2025). Kesalahan terbesar dalam membaca data seperti ini adalah langsung menyimpulkan “ini gelatin babi” atau “ini gelatin sapi” hanya dari kedalaman pita. Kesimpulan seperti itu lemah secara ilmiah jika tidak dibantu analisis kemometrik (Muyonga *et al.*, 2004).

Sampel K1, K3, K5, K6, K7, K8, dan K10 tampak memiliki pola yang relatif berdekatan pada daerah *fingerprint*. Ini menunjukkan bahwa beberapa sampel kemungkinan memiliki komposisi kimia yang cukup mirip (Hassan *et al.*, 2018). Sementara itu, K2 dan K4 cenderung memiliki intensitas yang lebih rendah pada beberapa daerah serapan, sedangkan K9 menjadi sampel yang paling berbeda karena menunjukkan serapan paling kuat. Dengan demikian, berdasarkan pembacaan visual, K9 dapat diperlakukan sebagai sampel yang perlu diperiksa lebih lanjut karena profil spektralnya paling menonjol dibandingkan sampel lain.

Jika dibandingkan dengan spektrum standar gelatin sapi, ikan, dan babi, kesepuluh sampel kapsul ini memperlihatkan pola utama yang masih berada pada daerah khas gelatin. Artinya, seluruh sampel memperlihatkan karakter protein gelatin melalui pita Amida A, Amida I, Amida II, dan Amida III (Ali *et al.*, 2018). Akan tetapi, untuk menentukan apakah suatu kapsul lebih dekat dengan gelatin sapi, ikan, atau babi, pengamatan visual saja tidak cukup. Hashim *et al.* menunjukkan bahwa gelatin sapi dan babi memiliki spektrum yang sangat mirip, sehingga pembedaan sumber gelatin memerlukan FTIR-ATR yang dikombinasikan dengan analisis diskriminan atau PCA.

Temuan pada Fig. 2 ini juga sesuai dengan penelitian Mustafa *et al.* yang menyatakan bahwa spektrum kapsul gelatin dapat tampak sangat mirip karena komponen utamanya sama, tetapi perbedaan halus dapat diamati pada daerah 3600 sampai 3000

cm^{-1} dan 1700 sampai 1000 cm^{-1} . Penelitian tersebut juga menegaskan bahwa FTIR-ATR yang dikombinasikan dengan analisis diskriminan dapat membedakan sampel *porcine* dan *non-porcine* secara lebih kuat daripada pembacaan visual biasa.

Dengan demikian, Fig. FTIR-ATR ini dapat digunakan sebagai bukti awal bahwa 10 sampel kapsul transparan memiliki karakteristik kimia yang konsisten dengan gelatin. Namun, Fig. 2 ini belum cukup untuk menyatakan asal gelatin secara pasti. Kesimpulan yang lebih kuat harus dibuat melalui perbandingan numerik antara sampel dan standar, misalnya menggunakan PCA, PLS-DA, LDA, atau analisis diskriminan berbasis daerah 1700 sampai 1000 cm^{-1} (Azira, *et al.*, 2012). Cebi *et al.* (2016) juga menunjukkan bahwa ATR-FTIR yang digabungkan dengan analisis multivariat mampu mengklasifikasikan gelatin sapi, babi, dan ikan secara lebih jelas dibandingkan interpretasi visual.

Hasil analisis PCA yang bertujuan untuk mengetahui pola pemisahan antar sampel dapat dilihat pada Fig. 3. Plot tersebut memperlihatkan kecenderungan pengelompokan sampel berdasarkan kemiripan spektrum FTIR-ATR terhadap standar gelatin sapi, babi, dan ikan, sehingga memperkuat interpretasi perbedaan sumber gelatin (Azilawati *et al.*, 2015).

Fig. 3 menunjukkan hasil analisis szaPCA terhadap spektrum FTIR-ATR standar gelatin dan sampel kapsul. Pada plot tersebut, PC1 memberikan kontribusi variasi sebesar 99,75%, sedangkan PC2 memberikan kontribusi sebesar 0,25%. Hal ini menunjukkan bahwa pemisahan utama antar sampel lebih banyak dijelaskan oleh PC (Salamah *et al.*, 2023).

Pada plot PCA standar, gelatin babi, gelatin ikan, dan gelatin sapi berada pada posisi yang berbeda. Gelatin babi berada pada sisi PC1 negatif, sedangkan gelatin ikan dan gelatin sapi berada pada sisi PC1 positif. Pemisahan ini menunjukkan bahwa ketiga standar memiliki karakter spektral yang berbeda, meskipun secara visual spektrum FTIR-ATR gelatin sering terlihat mirip. Oleh karena itu, PCA membantu memperjelas perbedaan yang sulit diamati hanya melalui pembacaan spektrum secara langsung (Hassim *et al.*, 2010).

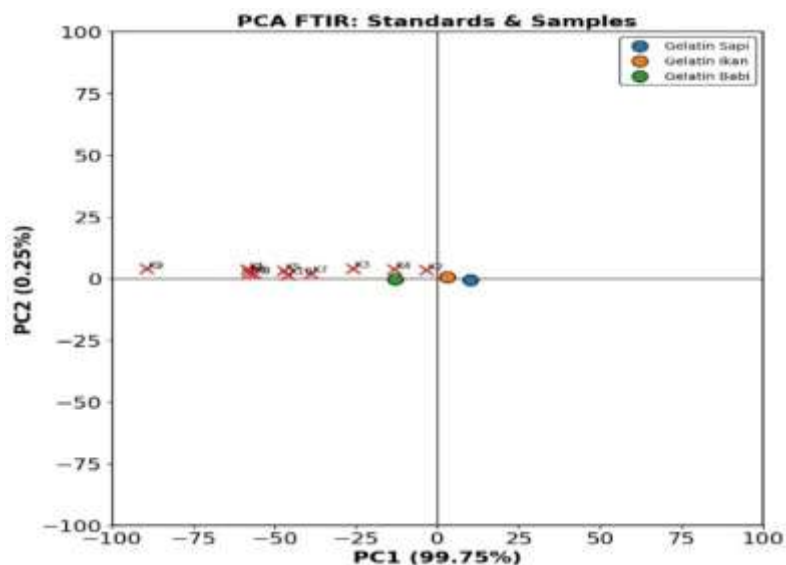


Figure. 3. PCA Analysis Results of FTIR-ATR Spectra of Standard and Capsule Shells

Ketika sampel K1-K10 diproyeksikan ke dalam ruang PCA yang sama, sebagian besar sampel berada lebih dekat dengan area standar gelatin babi. Berdasarkan hasil klasifikasi, sebanyak 9 dari 10 sampel, yaitu K1, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, dan K10, terklasifikasi memiliki kemiripan spektral dengan gelatin babi. Sementara itu, sampel K2 terklasifikasi memiliki kemiripan spektral dengan gelatin ikan dan tidak terdapat sampel yang terklasifikasi mendekati gelatin sapi secara dominan.

Hasil ini menunjukkan bahwa PCA mampu memberikan informasi yang lebih objektif dibandingkan interpretasi visual terhadap intensitas puncak FTIR-ATR. Sebelumnya, perbedaan antar sampel hanya dapat diamati dari variasi intensitas pada daerah Amida A, Amida I, Amida II, Amida III, dan daerah *fingerprint*. Namun, melalui PCA, pola kemiripan antara sampel dan standar dapat dilihat secara lebih jelas melalui posisi sebaran titik pada plot. Dengan demikian, Fig. 3 memperkuat pembahasan bahwa identifikasi sumber gelatin tidak cukup dilakukan hanya melalui pengamatan visual, tetapi perlu didukung oleh analisis kemometrik (Farouk *et al.*, 2005).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis FTIR-ATR, standar gelatin sapi, ikan, babi, serta sepuluh sampel cangkang kapsul transparan menunjukkan pola

serapan khas gelatin pada daerah Amida A, Amida I, Amida II, dan Amida III. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh sampel memiliki karakteristik kimia yang konsisten dengan bahan berbasis gelatin. Perbedaan intensitas pada daerah *fingerprint* 1700 sampai 1000 cm^{-1} menunjukkan adanya variasi spektral antar sampel, terutama pada K9 yang memiliki intensitas serapan paling kuat serta K2 dan K4 yang menunjukkan intensitas relatif lebih rendah. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa 9 dari 10 sampel atau 90% memiliki kemiripan spektral dengan gelatin babi, yaitu K1, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, dan K10. Satu sampel atau 10%, yaitu K2, menunjukkan kemiripan spektral dengan gelatin ikan. Tidak terdapat sampel yang menunjukkan kemiripan dominan dengan gelatin sapi. Dengan demikian, FTIR-ATR efektif digunakan sebagai metode awal untuk memprofilkan gugus fungsi gelatin pada cangkang kapsul transparan. Namun, metode ini lebih tepat diposisikan sebagai teknik screening awal. Penentuan sumber gelatin secara lebih pasti tetap memerlukan dukungan analisis kemometrik dan validasi lanjutan agar hasil autentikasi lebih objektif dan kuat secara ilmiah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Ilmu Kesehatan Program Studi Farmasi Universitas Malahayati yang telah memberikan

dukungan akademik dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada pihak laboratorium yang telah membantu proses pengujian dan analisis FTIR-ATR pada sampel cangkang kapsul. Dukungan fasilitas tersebut sangat membantu penulis dalam memperoleh data spektrum yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pendanaan publik, komersial, atau nirlaba.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. E., Sultana, S., Hamid, S. B. A., Hossain, M., Yehya, W. A., Kader, A., & Bhargava, S. K. (2018). Gelatin controversies in food, pharmaceuticals, and personal care products: Authentication methods, current status and future challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(9), 1495–1511. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1264361>
- Aviani, N. (2021). Deteksi Cemaran Babi Pada Sediaan Kapsul Suplemen Kecantikan di Kota Yogyakarta dengan Metode PCR (Polymerase Chain Reaction). *Journal of Halal Food Research*, 32(3), 167–186.
- Azilawati, M. I., Hashim, D. M., Jamilah, B., & Amin, I. (2015). RP-HPLC method using 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate incorporated with normalization technique in principal component analysis to differentiate bovine, porcine, and fish gelatins. *Food Chemistry*, 172, 368–376. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.093>
- Azira, N. T., & Amin, I. (2012). Differentiation of bovine and porcine gelatins in processed products via sodium dodecyl sulfate–polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and principal component analysis (PCA) techniques. *International Food Research Journal*, 19(3), 1175–1180.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2010). *Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK.03.1.23.06.10.5166 Tahun 2010 tentang pencantuman informasi asal bahan tertentu, kandungan alkohol, dan batas kedaluwarsa pada penandaan/label obat, obat tradisional, suplemen makanan, dan pangan*. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Cebi, N., Durak, M. Z., Toker, O. S., Sagdic, O., & Arici, M. (2016). An evaluation of Fourier transform infrared spectroscopy method for the classification and discrimination of bovine, porcine, and fish gelatins. *Food Chemistry*, 190, 1109–1115. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.065>
- Debnath, A., Uddin, M. N., Jahan, R. A., Rana, A. A., & Karim, M. M. (2022). Development of methods for quantification and classification of gelatin in capsule shell using chemometric analysis of FTIR spectroscopic data. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 57(2), 91–100. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v57i2.60405>
- Farouk, A. E., Che Man, Y. B., Begum, K., & Iwahashi, H. (2005). Amino acid, peptide and protein profiles of gelatin, extracted from the skin of different fish species in Malaysia. *International Food Research Journal*, 12(1), 37–46.
- Gómez-Guillén, M. C., Giménez, B., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1813–1827. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007>
- Grundy, H. H., Reece, P., Buckley, M., Solazzo, C. M., Dowle, A. A., Ashford, D., Charlton, A. J., Wadsley, M. K., & Collins, M. J. (2016). A mass spectrometry method for the determination of the species of origin of gelatine in foods and pharmaceutical products. *Food Chemistry*, 190, 276–284. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.054>
- 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 Chemistry*, 118(3), 856–860.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.049>
- Hassan, N., Ahmad, T., & Zain, N. M. (2018). Chemical and chemometric methods for halal authentication of gelatin: An overview. *Journal of Food Science*, 83(12), 2903–2911.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.14370>
- Hassan, N., Ahmad, T., Zain, N. M., & Awang, S. R. (2021). Identification of bovine, porcine, and fish gelatin signatures using chemometrics fuzzy graph method. *Scientific Reports*, 11, Article 9793.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-89358-2>
- Hermanto, S., Muawanah, A., & Harahap, Y. (2013). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy for detection of gelatin in candy products. *International Food Research Journal*, 20(4), 1877–1881.
- Karim, A. A., & Bhat, R. (2009). Fish gelatin: Properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 563–576.
<https://doi.org/10.35814/jifi.v21i2.1486>
- Kong, J., & Yu, S. (2007). Fourier transform infrared spectroscopic analysis of protein secondary structures. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 39(8), 549–559.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-7270.2007.00320.x>
- Mustafa, R. R., Hamdan, M. N., Rahman, S. N. H. A., Yusoff, I. M., Amin, N. S., & Abdullah, Q. (2025). A simple and cost-effective detection of capsule origin source using FTIR-ATR. *Journal of Food Science and Technology*. Advance online publication.
<https://doi.org/10.1007/s13197-025-06361-5>
- Maharani, Maria Ulfa, N. K. T. D. (2021). Formulasi Cangkang Kapsul dari Sodium Alginate yang Dikombinasikan dengan Grafena Oksida (GO). *Jurnal Farmamedika*, 32(3), 167–186.
- Muyonga, J. H., Cole, C. G. B., & Duodu, K. G. (2004). Characterisation of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). *Food Chemistry*, 85(1), 81–89.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.06.006>
- Nemati, M., Oveisi, M. R., Abdollahi, H., & Sabzevari, O. (2004). Differentiation of bovine and porcine gelatins using principal component analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 34(3), 485–492.
[https://doi.org/10.1016/S0731-7085\(03\)00574-0](https://doi.org/10.1016/S0731-7085(03)00574-0)
- Rohman, A., & Che Man, Y. B. (2012). Analysis of pig derivatives for halal authentication studies. *Food Reviews International*, 28(1), 97–112.
<https://doi.org/10.1080/87559129.2011.595862>
- Rohman, A., Windarsih, A., Erwanto, Y., & Zakaria, Z. (2020). Review on analytical methods for analysis of porcine gelatine in food and pharmaceutical products for halal authentication. *Trends in Food Science & Technology*, 101, 122–132.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.008>
- Rohman, A., Windarsih, A., Musfiroh, I., Maritha, V., Wirnawati, Lestari, D., Dachriyanus, Hamidi, D., Susanto, Y., & Abu Bakar, N. K. (2025). Recent progress on the application of molecular spectroscopic and chromatographic methods for analysis of halal and kosher gelatins in food and pharmaceutical products. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 15(4), 26–34.
<https://doi.org/10.7324/JAPS.2025.203667>
- Said, M. I., Triatmojo, S., Erwanto, Y., & Fudholi, A. (2011). Physicochemical properties of gelatin extracted from bones of different animal sources. *Media Peternakan*, 34(2), 114–119.

- Salamah, N., Fatmawati, A., & Guntarti, A. (2023). Gelatin analysis in local soft candy products using Fourier transform infrared (ATR-FTIR) combined with chemometrics. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 21(2). <https://doi.org/10.35814/jifi.v21i2.1486>
- Salamah, N., Jufri, S. L., Susanti, H., & Jaswir, I. (2023). Analysis of gelatin on soft candy using a combination of Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) with chemometrics for halal authentication. *Indonesian Journal of Halal Research*, 5(2), 90–98. <https://doi.org/10.15575/ijhar.v5i2.25682>
- Supandi, S., Septiana, A. D., Kusumadewi, N., & Fatmawati, S. (2024). Halal authentication: Fourier transform infrared spectroscopy and multivariate calibration application for pork gelatin analysis in gummy candy. *Food Research*, 8(5), 44–48. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.8\(5\).573](https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(5).573)