

**AUTENTIKASI HALAL GELATIN (*Hydrolized collagen*) PADA
SUNSCREEN MENGGUNAKAN KOMBINASI *FOURIER
TRANSFORM INFRARED* (FTIR) DAN KEMOMETRIKA**

SKRIPSI



Oleh:
Na'imatul Afa
2000023169

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA
2024**

**AUTENTIKASI HALAL GELATIN (*Hydrolized collagen*) PADA
SUNSCREEN MENGGUNAKAN KOMBINASI *FOURIER
TRANSFORM INFRA RED* (FTIR) DAN KEMOMETRIKA**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam
Mencapai derajat Sarjana Farmasi (S.Farm)
Program Studi Sarjana Farmasi
Universitas Ahmad Dahlan
Yogyakarta**



Oleh:
Na'imatul Afa
2000023169

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA
2024**

PENGESAHAN SKRIPSI

Berjudul

AUTENTIKASI HALAL GELATIN (*Hydrolized collagen*) PADA SUNSCREEN MENGGUNAKAN KOMBINASI *FOURIER TRANSFORM INFRA RED (FTIR)* DAN KEMOMETRIKA

Oleh:

Na'imatul Aufa

2000023169

Dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi
Fakultas Farmasi Universitas Ahmad Dahlan
Pada tanggal: 10 Mei 2024



Mengetahui
Fakultas Farmasi
Universitas Ahmad Dahlan

Pembimbing Utama

Dr. apt. Nina Salamah, M.Sc

Dekan



Dr. apt. Iis Wahyuningsih, M.Si

Penguji:

1. Dr.apt. Nina Salamah, M.Sc.
2. Prof. Dr. apt. Any Guntarti, M.Si.
3. Prof. Dr. apt. Nurkhasanah, M.Si

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Na'imatul Aufa
NIM : 2000023169
Fakultas : Farmasi
Program Studi : S1 Farmasi
Judul tugas akhir : Autentikasi Halal Gelatin (*Hydrolized collagen*) Pada
Sunscreen Menggunakan Kombinasi *Fourier Transform
Infra Red* (FTIR) dan Kemometrika

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Ahmad Dahlan maupun institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan di setujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasi orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebut kan nama pengaran dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Ahmad Dahlan.

Yogyakarta, 10 Mei 2024


METERAI
TEMPEL
4245ALX045171540
Na'imatul Aufa

PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Na'imatul Aufa
NIM : 2000023169
Fakultas : Farmasi
Program Studi : S1 Farmasi
Judul tugas akhir : Autentikasi Halal Gelatin (*Hydrolized collagen*) Pada *Sunscreen* Menggunakan Kombinasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan Kemometrika

Dengan ini saya menyerahkan hak sepenuhnya kepada Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut:



Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 2 Mei 2024

Mengetahui,
Pembimbing



Dr. apt. Nina Salamah, M.Sc.

Mahasiswa



Na'imatul Aufa

PERSEMBAHAN



“Siapa yang berserah diri kepada Allah dan dia seorang muhsin, maka sungguh dia telah berpegang teguh pada buhul (tali) yang kukuh. Hanya kepada Allah kesudahan segala urusan.” (Qs. Luqman : 22)

“Ya Tuhanku, tambahkanlah ilmu kepadaku” (Qs. Thaha : 114)

Segala Puji dan Syukur kupersembahkan kepada

Allah SWT. atas rahmat kasih sayang dan cinta yang telah memberikan kekuatan dan membekali dengan ilmu pengetahuan, serta kemudahan hingga akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam selalu terlimpahkan kepada baginda **Nabi Muhammad SAW.**

Karya sederhana ini dipersembahkan kepada:

Mama dan Abah Tercinta

Terimakasih telah memberikan kasih sayang, dukungan, kepercayaan, dan cinta yang tak terhingga yang tiada mungkin bisa dibalas. Semoga dengan karya ini menjadi bukti bahwa kalian adalah orangtua hebat dalam mendidik putri kecilnya dan selalu mengusakan putrinya agar bisa menyelesaikan studi sarjana ini.

Semoga ini awal untuk membuat Mama dan Abah Bahagia.

Pembimbing

Terimakasih atas ketulusan dan kesabaran dalam membimbing serta memberi arahan selama ini sehingga penelitian dan penyusunan ini bisa selesai dengan cepat. Terimakasih atas ilmu bermanfaat yang diberikan, doa terbaik untuk ibu.

Kakak dan Sahabat

Terimakasih telah memberikan semangat, nasihat serta motivasi yang telah diberikan, sehingga penelitian dan penyusunan ini selesai dengan baik. Semoga kita selalu memberikan manfaat satu sama lain.

Farmasi & Almamaterku

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “Autentikasi Halal Gelatin (*Hydrolized collagen*) Pada *Sunscreen* Menggunakan Kombinasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan Kemometrika” ini dapat penulis selesaikan sebagai tugas akhir untuk memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Farmasi (S.Farm) pada program studi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.

Segala usaha dan upaya telah penulis lakukan untuk menyelesaikan skripsi ini sebaik mungkin, penelitian dan penulisan ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa bimbingan, bantuan, serta dukungan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, kepada:

1. Dr. apt. Nina Salamah, M.Sc, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah bersedia memberikan motivasi, pikiran, dan tenaga untuk membimbing dan mengarahkan agar penyusunan ini berjalan dengan lancar. Selain itu, mohon maaf jika selama ini banyak salah yang kiranya kurang berkenan.
2. Prof. Dr. apt. Any Guntarti, M.Si, selaku dosen penguji I yang telah meluangkan waktu dan berkenan memberikan masukan dan saran dalam penyusunan skripsi.
3. Prof. Dr. apt. Nurkhasanah, M.Si, selaku dosen penguji II yang telah memberikan saran, arahan, serta perbaikan dalam penyusunan skripsi.
4. Dr. apt. Nining Sugihartini, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik dari penulis di Fakultas Farmasi Universitas Ahmad Dahlan.
5. Dr. apt. Iis Wahyuningsih, M.Si, selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Ahmad Dahlan.
6. Dosen, staff, karyawan, dan laboran Fakultas Farmasi yang telah memberikan ilmunya selama perkuliahan.
7. Kedua orang tua tercinta, H. Arbaniansyah, S.E dan Hj. Norul Ahyu, S.Sos, terimakasih yang tak terhingga atas doa, bimbingan, pengorbanan dan ketulusan yang diberikan dalam mendampingi penulis. Semoga Allah SWT senantiasa memberi kesehatan dan keberkahan.
8. Kakak tercinta (M. Rifan Mahmudi, S.Pd dan Ridi Rolyansyah, S.Ap) terimakasih atas kasih sayang dan perhatian yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
9. *Partner* penelitianku, Rabiatal Adawiyah. Terimakasih sudah mau berjuang bersama, semoga kita selalu semangat dalam menggapai mimpi kita.
10. Ananda Putri S.N dan Citra Dhea Cantika yang telah meluangkan waktu untuk membantu dan memberikan pemahaman kepada penulis dalam penyusunan skripsi.

11. Rekan dan sahabat yang menguatkan penulis di masa-masa sulit serta teman-teman Farmasi Angkatan 2020 yang menemani belajar selama perkuliahan.
12. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang secara langsung atau tidak langsung, terimakasih atas dukungan dan bantuanya.
13. Dan terakhir untuk diri sendiri, terimakasih sudah memaksimalkan segala upaya, selalu berusaha untuk berproses menjadi lebih baik, sudah mau berjalan lebih jauh walau banyak terjatuh, dan sudah mau sehat walau sedikit rehat.

Mudah-mudahan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penyusun sendiri dan semua pihak yang membutuhkan. Atas semua bantuan yang telah diberikan semoga menjadi amal saleh dan mendapat ridho Allah SWT. Penulis juga menyadari masih terdapat kesalahan dalam penyusunan skripsi ini, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 2 Mei 2024



Na'imatul Aufa

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Kegunaan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Kajian Teori	5
1. Halal	5
2. Gelatin (<i>Hydrolized collagen</i>).....	7
3. <i>Sunscreen</i> atau Tabir Surya.....	9
4. Aplikasi Gelatin pada <i>Sunscreen</i>	11
5. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	12
6. Prinsip Kerja <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	13
7. Kemometrika.....	15
B. Hasil Penelitian yang Relevan	18
C. Kerangka Berpikir	19
D. Hipotesis.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Jenis dan Rancangan Penelitian.....	22
B. Sampel	22
C. Bahan dan Alat	22
D. Variabel Penelitian	23
E. Prosedur Penelitian	24
F. Analisis Data	25
G. <i>Flowchart</i> Cara Kerja	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
A. Persiapan Sampel.....	28
B. Analisis Gelatin Babi, Gelatin Sapi, dan Sampel Menggunakan Spektrofotometer FTIR	29
C. Optimasi Bilangan Gelombang untuk Kalibrasi dan Validasi dengan PLS	34
D. Analisis Data Menggunakan PCA	38

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
A. Kesimpulan	42
B. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur kimia gelatin	8
Gambar 2. Skema kerja alat FTIR	14
Gambar 3. Kerangka berpikir.....	19
Gambar 4. <i>Flowchart</i> Cara Kerja.....	27
Gambar 5. Spektrum FTIR Gelatin Babi dan Gelatin Sapi Referensi 100%	30
Gambar 6. Spektrum FTIR Gelatin pada Sampel <i>Sunscreen</i> yang mengandung <i>Hydrolyzed collagen</i>	32
Gambar 7. Kurva RMSEC Hubungan Antara Nilai Sebenarnya (sumbu x) dan Nilai Prediksi (sumbu y) dengan Model Kalibrasi pada Bilangan Gelombang 1461 – 1340 cm ⁻¹	36
Gambar 8. Kurva RMSECV Hubungan Antara Nilai Sebenarnya (sumbu x) dan Nilai Prediksi (sumbu y) dengan Model Validasi Internal Pada Bilangan Gelombang 1461 – 1340 cm ⁻¹	37
Gambar 9. Kurva RMSEP Hubungan Antara Nilai Sebenarnya (sumbu x) dan Nilai Prediksi (sumbu y) dengan Model Validasi Eksternal Pada Bilangan Gelombang 1461 – 1340 cm ⁻¹	38
Gambar 10. <i>Score plot</i> PCA antara <i>Sunscreen</i> Referensi Gelatin Babi dan Sapi 100% dengan 3 Produk Sampel yang Mengandung <i>Hydrolyzed collagen</i>	40

DAFTAR TABEL

Tabel I. Karakteristik Serapan FTIR Pada Rantai Peptida	13
Tabel II. Hasil Penelitian yang Relevan	18
Tabel III. Formulasi Sunscreen Referensi Gelatin Babi (100%, 80%, 50%, 20%) dan Gelatin Sapi 100%	24
Tabel IV. Organoleptis Gelatin Babi dan Gelatin Sapi.....	28
Tabel V. Gugus Fungsi Gelatin Babi dan Gelatin Sapi Referensi 100%	32
Tabel VI. Gugus Fungsi Pada Sampel <i>Sunscreen</i> yang mengandung <i>Hydrolyzed collagen</i>	33
Tabel VII. Optimasi Bilangan Gelombang Pada <i>Sunscreen</i> Referensi Gelatin Babi (100%, 80%, 50%, 20%) dan Gelatin Sapi 100% dengan PLS.....	35
Tabel VIII. Hasil Analisis PCA Berupa <i>Eigenanalysis of the Covariance Matrix</i>	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Organoleptis Gelatin Sapi dan Gelatin Babi	48
Lampiran 2. Sampel <i>Sunscreen</i> yang dijual di <i>shopee</i> dan <i>sunscreen</i> referensi...	49
Lampiran 3. Proses isolasi	50
Lampiran 4. Analisis menggunakan FTIR	51
Lampiran 5. Hasil <i>Output</i> Spektra FTIR Gelatin Babi Referensi 100%	52
Lampiran 6. Hasil <i>Output</i> Spektra FTIR Gelatin Sapi Referensi 100%	53
Lampiran 7. Hasil <i>Output</i> Spektra FTIR Gelatin Babi Referensi 80%	55
Lampiran 8. Hasil <i>Output</i> Spektra FTIR Gelatin Babi Referensi 50%	56
Lampiran 9. Hasil <i>Output</i> Spektra FTIR Gelatin Babi Referensi 20%	58
Lampiran 10. Hasil <i>Output</i> Spektra FTIR Pada Sampel <i>Sunscreen</i> KJC	59
Lampiran 11. Hasil <i>Output</i> Spektra FTIR Pada Sampel <i>Sunscreen</i> 3WC	61
Lampiran 12. Hasil <i>Output</i> Spektra FTIR Pada Sampel <i>Sunscreen</i> AYR	62
Lampiran 13. <i>Lay Out</i> Gabungan Hasil Spektra FTIR Pada Sampel Referensi ...	64
Lampiran 14. <i>Lay Out</i> Gabungan Hasil Spektra FTIR Pada Sampel <i>Sunscreen</i> ..	64
Lampiran 15. Optimasi Bilangan Gelombang	65
Lampiran 16. Hasil Kalibrasi dengan PLS Pada Bilangan Gelombang 1461–1340 cm ⁻¹	66
Lampiran 17. Hasil Validasi Internal Bilangan Gelombang dengan PLS	67
Lampiran 18. Hasil Validasi Eksternal Bilangan Gelombang dengan PLS	68
Lampiran 19. Hasil PCA Berupa <i>Eigenanalysis of the Covarience Matrix</i>	69
Lampiran 20. <i>Score plot</i> PCA	69
Lampiran 21. <i>Scree plot</i> PCA	70
Lampiran 22. <i>Loading plot</i> PCA	70
Lampiran 23. <i>Biplot</i> PCA	71
Lampiran 24. Gugus Fungsi Gelatin Babi dan Gelatin Sapi Referensi 100%	71
Lampiran 25. Gugus Fungsi Pada Sampel <i>Sunscreen</i> yang mengandung <i>Hydrolized collagen</i>	72

INTISARI

Sunscreen sebagai pilihan preventif untuk menghindari bahaya dari radiasi sinar ultraviolet. Namun, masih ada produk *sunscreen* yang belum ada label halal nya, sedangkan bagi masyarakat muslim label halal sangat penting karena banyak produk yang mengandung bahan haram salah satunya gelatin babi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kritis kehalalan bahan baku khususnya gelatin pada produk *sunscreen* menggunakan metode *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan kemometrika.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Sampel yang digunakan adalah 3 sampel *sunscreen* yang belum ada label halal dan dijual di *shopee*. Metode FTIR dikombinasikan dengan kemometrika karena FTIR sulit menganalisis perbedaan gugus fungsi gelatin babi dan gelatin sapi yang dihasilkan. PLS untuk mengkalibrasi dan PCA untuk mengelompokkan gelatin berdasarkan sumber nya. Analisis ini menggunakan aplikasi Minitab 21 dan *Microsoft Excel*.

Hasil analisis FTIR didapat optimasi bilangan gelombang pada rentang 1461 – 1340 cm^{-1} . Model Kalibrasi PLS $y=0,9971x+0,1471$ menunjukkan korelasi yang baik untuk menggambarkan konsentrasi gelatin terprediksi (y) dengan konsentrasi gelatin sebenarnya (x), dengan $R^2=0,9972$ dan $\text{RMSEC}=2,07002\%$. Model validasi internal dengan $R^2=0,9992$ dan $\text{RMSECV}=0,7238\%$, serta model validasi eksternal dengan $R^2=0,9547$ dan $\text{RMSEP}=1,5890\%$. Hasil PCA menunjukkan bahwa gelatin babi berada di kuadran I dan gelatin sapi di kuadran II. Pada sampel *sunscreen* KJC berada di kuadran III dan *sunscreen* 3WC di kuadran IV. Sedangkan *sunscreen* AYR berada di kuadran I.

Didapat kesimpulan bahwa *sunscreen* AYR mengandung gelatin babi karena berada satu kuadran dengan gelatin babi. Sedangkan *sunscreen* KJC dan *sunscreen* 3WC bukan dari gelatin babi maupun gelatin sapi.

Kata Kunci : *Sunscreen*, gelatin babi, gelatin sapi, FTIR, kemometrika, halal.

ABSTRACT

Sunscreen as a preventive option to avoid the dangers of ultraviolet radiation. However, there are still sunscreen products don't have a halal label, while for Muslim communities the halal label is very important because many products contain haram ingredients, one of which is porcine gelatin. This research was conducted to determine the critical halalness of raw materials, especially gelatin in sunscreen products using the Fourier Transform Infra Red (FTIR) and chemometric methods.

This research uses an experimental method. The samples used 3 sunscreen samples that had no halal labeling and sold on shopee. The FTIR method is combined with chemometrics because FTIR is difficult to analyze the difference in the functional groups of porcine gelatin and bovine gelatin produced. PLS to calibrate and PCA to classify gelatin based on its source. This analysis uses Minitab 21 and Microsoft Excel.

The results of FTIR analysis obtained wave number optimization in the range of 1461-1340 cm^{-1} . The PLS calibration model $y=0.9971x+0.1471$ showed a good correlation to describe the predicted gelatin concentration (y) with the actual gelatin concentration (x), with $R^2=0.9972$ and $\text{RMSEC}=2.07002\%$. Internal validation model with $R^2=0.9992$ and $\text{RMSECV}=0.7238\%$, and external validation model with $R^2=0.9547$ and $\text{RMSEP}=1.5890\%$. PCA results showed that porcine gelatin was in quadrant I and bovine gelatin in quadrant II. The KJC sunscreen sample is in quadrant III and 3WC sunscreen in quadrant IV. While AYR sunscreen is in quadrant I.

It was concluded that AYR sunscreen contained porcine gelatin because it was in the same quadrant as porcine gelatin. While KJC sunscreen and 3WC sunscreen are not from porcine gelatin or bovine gelatin.

Keywords : Sunscreen, porcine gelatin, bovine gelatin, FTIR, chemometrics, halal.

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kulit salah satu lapisan paling luar sebagai pelindung dan mempunyai nilai keindahan. Keindahan kulit yang sehat bisa dilihat dari keadaan kulit setiap orang, terlihat dari warna, kelembapan, kelenturan, serta tekstur dari kulit. Selain itu, organ paling luar ini adalah organ yang terkena langsung paparan sinar ultraviolet (UV) dari sinar matahari. Namun, penyinaran UV dalam jangka waktu lama penyebab terjadinya berbagai kelainan kulit seperti sengatan matahari, peradangan, bahkan kanker kulit (He *et al.*, 2021). Kesehatan kulit dapat dijaga menggunakan kosmetik seperti *sunscreen* atau tabir surya. *Sunscreen* merupakan produk yang bermanfaat dalam memberikan solusi proteksi diri dari bahaya sinar UV dan pilihan untuk menghindari bahaya dari efek negatif UV (Ratnasari *et al.*, 2023).

Saat ini banyak produk kecantikan yang berusaha untuk memproduksi kosmetik dengan berbagai formula, salah satunya *sunscreen*. Ditemukan ada beberapa *sunscreen* yang dijual masih belum jelas kehalalannya. Hal ini merupakan faktor penting untuk diteliti karena mayoritas masyarakat Indonesia yang beragama muslim dan tentunya membutuhkan jaminan bahwa setiap produk yang digunakan adalah halal baik dari segi bahan maupun cara pembuatannya. Banyaknya produk kosmetik yang beredar disitus *online* tanpa label halal mempengaruhi keputusan dalam pembelian produk (Rafifasha, 2022). Allah SWT. telah menjelaskan dalam Al-Qur'an Surat An-Nahl ayat 114 sebagai berikut:

فَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا وَاشْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ إِنَّ كُنْتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

Artinya: *"Maka makanlah yang halal lagi baik dari rezeki yang telah diberikan Allah kepadamu; dan syukurilah nikmat Allah, jika kamu hanya menyembah kepada-Nya."*

Dari surah An-Nahl ayat 114 diatas, dapat dimaksudkan bahwa Allah SWT. menyuruh manusia untuk memakan (mengonsumsi) makanan yang halalan thayyiban, hal tersebut dapat dianalogikan seperti produk selain makanan yang dikonsumsi termasuk seperti kosmetik dan perawatan kulit.

Label halal tentu penting bagi masyarakat muslim untuk menginformasikan terkait produk yang dijual tersebut halal sehingga bisa digunakan bagi yang beragama islam, hal ini dikarenakan banyak produk yang mempunyai kandungan gelatin babi yang tentunya haram bagi umat muslim. Pada dasarnya gelatin (*Hydrolized collagen*) berasal dari bahan apa saja yang kaya akan kolagen, biasanya terdapat pada kulit, tulang sapi, ikan, babi bahkan hewan yang kaya akan kolagen lainnya (Musafar Hameed and Abdullah, 2015). Menurut (Istiqlaal, 2018) sebagian yang beredar diluar sana adalah gelatin babi, hal ini disebabkan adanya ketersediaan bahan baku, pengolahan yang efisien dan nilai ekonomis (harga yang murah), sehingga gelatin babi lebih berkembang dan lebih banyak diproduksi dari pada gelatin hewan lainnya. Kandungan gelatin babi pada produk kosmetik adalah 41,4% pada kulit babi, 28,7% pada kulit sapi, 29,8% pada tulang sapi dan sisanya dari ikan (Muhammad, 2013).

Beberapa penelitian sudah ada meneliti kandungan gelatin pada permen (*softcandy*) dan cangkang kapsul, sedangkan pada kosmetik seperti *sunscreen* belum ada. Sehingga dilakukanlah penelitian ini karena ada beberapa *sunscreen* yang mempunyai kandungan gelatin dan belum ada label halal nya. Maka, penelitian perlu dilakukan untuk mengetahui titik kritis kehalalan dan mengetahui keberadaan gelatin non halal khususnya gelatin pada produk *sunscreen*. Penelitian yang sama telah dilakukan oleh (Rahmawati *et al.*, 2015) dengan metode FTIR dan kemometrika yang terbukti dapat digunakan untuk menganalisis apakah terdapat keberadaan lemak babi ataupun tidak pada produk permen jelly yang digunakan. Sehingga penelitian ini juga dilakukan dengan metode yang sama tetapi menggunakan sampel yang berbeda yaitu *sunscreen* atau tabir surya.

B. Rumusan Masalah

1. Apakah metode *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan kemometrika dalam membedakan gugus fungsi gelatin babi dan gelatin sapi pada sampel *sunscreen* dapat digunakan?
2. Bagaimana hasil analisis kemometrika *Partial Least Square* (PLS) dalam analisis kuantitatif autentikasi halal dari bahan gelatin babi dan gelatin sapi pada *sunscreen*?
3. Bagaimana hasil analisis kemometrika *Principal Component Analysis* (PCA) dalam mengelompokkan bahan gelatin halal dan non-halal pada *sunscreen*?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perbedaan gugus fungsi gelatin babi dan gelatin sapi menggunakan metode *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan kemometrika.
2. Mengetahui hasil analisis kemometrika *Partial Least Square* (PLS) dalam analisis kuantitatif autentikasi halal dari bahan gelatin pada *sunscreen*.
3. Mengetahui hasil analisis kemometrika *Principal Component Analysis* (PCA) dalam mengelompokkan bahan gelatin halal dan non-halal pada *sunscreen*.

D. Kegunaan Penelitian

1. Kegunaan bagi peneliti
Menambah pengetahuan bagi peneliti tentang autentikasi halal pada produk kosmetik berupa *sunscreen* yang berbahan baku gelatin menggunakan metode FTIR dan kemometrika.
2. Kegunaan bagi institusi
Mengembangkan ilmu kefarmasian dibidang analisis mengenai kehalalan produk khususnya kosmetik berupa *sunscreen* sehingga dapat digunakan umat muslim sebagai bentuk perlindungan.
3. Kegunaan bagi masyarakat
Memberikan informasi dan pengetahuan pada masyarakat muslim terkait *sunscreen* mana yang halal atau tidak sehingga memperoleh rasa aman.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Halal

Dalam Bahasa Arab kata halal berarti “lepas”, sedangkan secara etimologi halal berarti sesuatu yang diperbolehkan dan boleh dilakukan karena tidak dikaitkan dengan hal yang melarangnya. Halal merupakan barang atau kegiatan yang diperbolehkan digunakan atau dilakukan. Penggunaan kata halal biasanya mengarah ke makanan, minuman, obat-obatan, dan kosmetik yang diperbolehkan menurut islam (Zulham, 2013).

Produk halal merupakan produk yang telah dinyatakan halal menurut hukum islam. Sertifikasi dan label halal harus ada untuk memastikan dan menjaga keaslian produk agar dapat diterima di semua kalangan masyarakat. Sertifikasi halal merupakan fatwa MUI yang menyatakan atau menjadi bukti bahwa suatu lembaga mengakui suatu produk yang harus lulus pemeriksaan terlebih dahulu untuk menjamin kesehatan dan manfaat yang baik untuk dipakai atau dikonsumsi (Rahayuningsih and Ghozali, 2021).

Menurut (Utami and Wahyu, 2013) label halal adalah penambahan tulisan halal pada kemasan suatu produk yang diberikan oleh BPJPH (Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal) berdasarkan rekomendasi komisi fatwa MUI (Majelis Ulama Indonesia) dalam bentuk sertifikat halal MUI, untuk meningkatkan kepercayaan konsumen khususnya masyarakat muslim. Pada dasarnya konsumen muslim cenderung lebih memilih produk yang sudah halal dibandingkan yang belum dinyatakan halal oleh lembaga yang

berwenang. Seperti halnya konsumen mencoba kosmetik, kosmetik juga diperlukan dalam kehidupan sehari-hari setiap wanita karena telah bergeser dari pelengkap menjadi kebutuhan. Produk kecantikan kosmetik memang tidak dimakan dan masuk ke dalam tubuh. Namun, kosmetik sebagian besar dikaitkan dengan permasalahan suci maupun najis. Suatu produk dikatakan haram apabila produk kosmetik tersebut mengandung bahan najis. Kosmetik halal atau haram mengandung berbagai macam bahan yang berbeda-beda, namun banyak bahan yang terlarang dalam kosmetik yang berasal dari hewan najis seperti bangkai, babi, bagian dari tubuh manusia seperti plasenta, hewan buas, hewan bertaring, darah, khamar, dan hewan halal seperti sapi yang disembelih secara tidak syar'i (d disembelih selain menyebut nama Allah), selain itu juga seperti turunan hewan (kolagen) (Sopa, 2013).

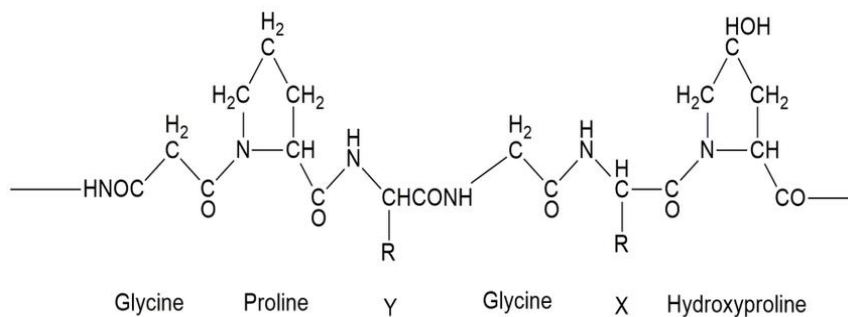
Adanya sertifikat halal sebenarnya juga bertujuan agar bisa memberikan kepastian status pada produk agar bisa menentramkan bagi pemakainya. Akan tetapi, ada beberapa perusahaan yang minim akan kesadaran untuk mendaftarkan produk mendapatkan label halal. Melalui UU JPH No.3/2014, diberikan masa berlaku sertifikat halal adalah 4 tahun sesuai yang tertuang pada pasal 42. Hal ini untuk tetap terjaga konsistensi produksi oleh produsen selama berlakunya. Produksi produk halal selain fokus pada bahan baku juga mencakup aspek seperti keselamatan, kualitas, penanganan, peralatan, pengolahan, pengemasan, penyimpanan, transportasi, dan distribusi (Hasan, 2016).

2. Gelatin (*Hydrolized collagen*)

Gelatin memiliki nama ilmiah yaitu *Hydrolized collagen*. Gelatin dapat diproduksi dari berbagai sumber karena berbagai faktor seperti ketersediaan, biaya, wilayah, agama, dan lain-lain. Oleh karena itu, otentikasi gelatin telah menjadi isu penting di kalangan komunitas Muslim salah satunya. Penggunaan gelatin yang sangat luas menyebabkan kebutuhan gelatin sangat tinggi didunia. Di Indonesia kebutuhan gelatin masih bergantung pada sektor impor dari negara lain. Hal ini berdasarkan data BPS tahun 2023 bahwa jumlah impor gelatin hingga November sudah mencapai 2,45 juta kg dengan nilai 20,77 juta USD.

Gelatin didapat dari degradasi hidrolisis kolagen, bahannya yang multifungsi ini bisa digunakan secara luas pada industri pangan, farmasi, dan fotografi karena mempunyai sifat yang unik (Tkaczewska *et al.*, 2018). Sifat fisik dan kimia dari gelatin adalah gelatin tidak berasa dan tidak berbau, berwarna kuning cerah, rapuh jika kering, larut dalam air panas, gliserol, dan pelarut lainnya. Gelatin mempunyai titik didih 35°C dibandingkan bahan gel lain seperti alginat dan pektin. Gelatin adalah sekelompok peptida dengan berat molekul rendah (3-6 KDa) yang dapat diperoleh dengan aksi enzimatik dalam media asam atau basa pada suhu inkubasi tertentu. Gelatin dapat diekstraksi dari berbagai sumber seperti sapi atau babi (Lopez *et al.*, 2019). Gelatin yang direndam dalam air panas akan mencair membentuk larutan, namun pada air dingin dapat membentuk partikel (endapan) yang mengembang (Sahubawa and Ustadi, 2014).

Gelatin adalah hidrokoloid yang dimanfaatkan sebagai bahan pembentuk gel, pengental atau penstabil (*stabilizer*), dan merupakan protein yang mudah dicerna serta mengandung semua asam amino esensial kecuali triptopan. Senyawa gelatin tersusun atas asam amino *glysine-proline-proline* atau *glysine-proline-hydroxyproline* yang membentuk polipeptida tinggi (Sara, 2014).



Gambar 1. Struktur Kimia Gelatin
(Tazwir *et al.*, 2014)

Pada Gambar 1 menunjukkan susunan asam amino gelatin. Huruf Y menunjukkan adanya asam amino *proline* dan huruf X menunjukkan asam amino *hydroxyproline*. Sedangkan *glycine* merupakan jenis asam amino yang paling umum ditemukan dalam gelatin. Kandungan asam amino *hydroxyproline* mempengaruhi kekuatan gel. Semakin tinggi kandungan asam amino *hydroxyproline* maka semakin tinggi pula kekuatan gel yang dihasilkan (Syafiqoh, 2014).

Gelatin adalah biopolimer protein yang diperoleh dengan hidrolisis parsial jaringan kolagen hewan. Penggunaannya banyak digunakan dalam makanan, industri farmasi dan kosmetik (Zilhadia *et al.*, 2018). Sumber gelatin yang beredar pada umumnya berupa dari sapi dan babi, sehingga

penting untuk mengetahui asal hewan gelatin tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan uji identifikasi sumber gelatin.

Umumnya, gelatin digunakan dalam pangan sebagai pengental, pengemulsi, penstabil, pengikat air, memperbaiki konsistensi, pengawet dan lain-lain. Sedangkan manfaat pada non-pangan antara lain menstabilkan emulsi seperti sampo, tabir surya, lipstik, dan sabun (terutama yang berbentuk cairan) (Wulandari and Monica, 2017).

3. *Sunscreen* atau Tabir surya

Dalam sehari-hari untuk menjaga kesehatan maupun keindahan untuk kulit dapat menggunakan kosmetik *skincare*. Kosmetik *skincare* biasanya terdiri dari pembersih, pelembab, dan *sunscreen* atau tabir surya. *Sunscreen* merupakan salah satu kosmetik yang keberadaannya masih belum diketahui luas oleh masyarakat, hal ini karena sebagian hanya menggunakan pelembab atau *foundation* dalam kehidupan sehari-hari nya.

Dalam sediaan produk kosmetik seperti *sunscreen* ini biasanya ada tulisan SPF yang merupakan kemampuannya dalam melindungi kulit dari radiasi sinar ultraviolet. Selain bermanfaat untuk kecantikan dan kesehatan kulit, *sunscreen* juga digunakan upaya perawatan kulit wajah serta untuk menghindari adanya gangguan kulit seperti eritema, hiperpigmentasi, bahkan kanker kulit. Kekuatan *sunscreen* ini bergantung pada nilai SPF, biasanya berkisar 1-50. Namun, dengan nilai SPF diatas 15 idealnya dapat melindungi dari UV A dan UV B.

Krim *sunscreen* adalah bentuk sediaan setengah padat atau semi padat yang mengandung satu atau lebih bahan obat yang dilarutkan atau didispersikan dalam bahan dasar yang sesuai. Pengaplikasian produk *sunscreen* secara topikal merupakan strategi untuk melindungi kulit dari paparan radiasi matahari dengan cara menghalangi radiasi yang terpapar pada lapisan kulit (Gasparrini *et al.*, 2017; Tomazelli *et al.*, 2018). Namun, dipasaran ada berbagai macam *sunscreen* yang bisa disesuaikan dengan jenis kulit maupun aktifitas. Bentuk *sunscreen* yaitu: (Minerva, 2019)

1. *Lotion*

Lotion cocok digunakan pada kulit normal yang cenderung berminyak. Biasanya kekentalannya rendah, tidak mudah lengket dan mudah merata ketika diaplikasikan ke kulit.

2. *Cream*

Cream cocok digunakan pada kulit kering.

3. *Gel*

Gel cocok digunakan pada kulit berminyak dan pada pria.

4. *Spray*

Bentuk *spray* mulai dikenal banyak orang karena penggunaannya yang praktis. *Spray* ini cocok digunakan pada area yang luas ditubuh.

5. *Stick*

Stick cocok digunakan saat beraktifitas karena sifatnya yang tahan lama dan tidak mudah mencair. *Stick* ini efektif melindungi area yang terbatas seperti sekitar bibir, lingkaran mata, dan hidung.

Antioksidan alami sering ditambahkan pada *sunscreen* untuk melawan radikal bebas dari sinar matahari. Namun, keberadaan *sunscreen* alami masih terbatas dan belum bisa menggantikan *sunscreen* sintetis (He *et al.*, 2021). Meskipun *sunscreen* sintetis memberikan perlindungan yang cukup dari sinar matahari, penggunaannya masih terbatas karena berpotensi efek toksik pada tubuh manusia. Sedangkan *sunscreen* alami dapat ditoleransi oleh kulit manusia, aman dan tidak menyebabkan iritasi (Putri *et al.*, 2019).

4. Aplikasi Gelatin Pada *Sunscreen*

Penggunaan gelatin dalam bidang industri farmasi telah banyak dikembangkan, di antaranya sebagai *emulsifier*, *colloid stabilizer*, dan *foaming agent*. Gelatin diaplikasikan sebagai bahan pembentuk gel di banyak produk kosmetik termasuk krim wajah, *lotion*, sampo, semprotan rambut, dan *sunscreen*. Kulit sebagai penghalang terhadap kondisi lingkungan eksternal termasuk paparan sinar matahari. Penuaan kulit adalah proses oksidatif yang menghasilkan produksi radikal bebas. Melibatkan faktor intrinsik (usia), dan faktor ekstrinsik (paparan radiasi ultraviolet A dan B). Namun, kulit memiliki mekanisme pertahanan antioksidannya sendiri. Pigmen alami pada kulit (melanin) menyerap sinar ultraviolet (UV). *Hydrolized collagen* digunakan untuk mencegah kerusakan akibat radiasi UV pada kulit. Gelatin memperbaiki kerusakan yang terjadi pada struktur kulit dengan menjaga keseimbangan lipid kulit karena sifat antioksidannya. Mekanisme lain dari *Hydrolized collagen* dalam perlindungan terhadap radiasi UV adalah

meningkatkan kekebalan dan meningkatkan *hydroxyproline* di kulit yang merupakan indikator kandungan kolagen (Al-Nimry *et al.*, 2021).

5. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Spektroskopi *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* adalah metode spektroskopi inframerah dengan transformasi fourier untuk mendeteksi dan menganalisis hasil spektrumnya. FTIR memiliki spektrum yang sangat kompleks sehingga cocok untuk identifikasi senyawa organik baik secara kualitatif atau kuantitatif. Spektrum sifatnya kompleks karena terdiri dari banyak puncak yang menunjukkan adanya gugus fungsi yang ditandai oleh bilangan gelombang (Sanjiwani *et al.*, 2020). Spektrometer FTIR merupakan instrumen yang sering digunakan untuk mendeteksi adanya gugus fungsi pada suatu senyawa serta dapat digunakan untuk menganalisis campuran sampel tanpa merusak sampel (Sari *et al.*, 2018). Daerah spektrum gelombang inframerah dimulai dari panjang gelombang $14000\text{ cm}^{-1} - 10^{-1}$. Berdasarkan hal tersebut, inframerah terbagi menjadi tiga yakni inframerah dekat dengan panjang $14000 - 4000\text{ cm}^{-1}$, inframerah sedang $4000\text{ cm} - 400\text{ cm}^{-1}$, dan inframerah jauh $400 - 10\text{ cm}^{-1}$ (Sari *et al.*, 2018).

Pada prinsipnya, *infrared* pada FTIR akan melewati celah untuk mengontrol jumlah energi yang akan dikirim ke sampel, dengan sebagian *infrared* akan diserap oleh sampel dan sisa *infrared* akan ditransmisikan ke permukaan sampel hingga lolos ke detektor. Kemudian dikirim ke komputer sinyal yang terukur tersebut dalam bentuk puncak (Sari *et al.*, 2018). Analisis menggunakan metode ini cepat, nondestruktif, sensitif, preparasi sampel

sederhana, dan penggunaan reagen kimia yang sedikit. Namun, FTIR sulit dalam menganalisis gugus fungsi gelatin sapi dan gelatin babi yang dihasilkan karena kemiripan gugus fungsi yang dimiliki, sehingga digunakanlah kombinasi dengan kemometrika untuk mengelompokkan gelatin tersebut (Zilhadia *et al.*, 2018).

Hasil spektrum FTIR ini didapat data bilangan gelombang, absorbansi, transmitan. Ketika diperoleh optimasi bilangan gelombang, nantinya dilakukan analisis data dengan spektrum yang diperoleh. Analisa ini dilihat 4 daerah spektrum dari gelatin babi dan sapi diantaranya Amida A, Amida I, Amida II dan Amida III. Karakteristik serapan FTIR bisa dilihat pada Tabel I.

Tabel I. Karakteristik Serapan FTIR Pada Rantai Peptida (Syafiqoh, 2014)

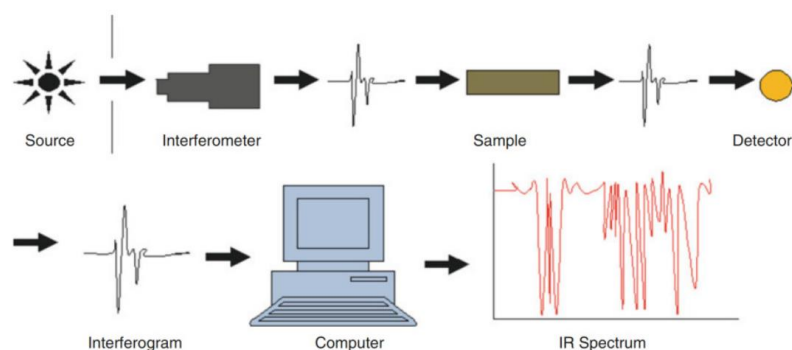
Rantai Peptida	Bilangan Gelombang	Keterangan
Amida A	3300	NH Stretching
Amida B	3100	NH Stretching
Amida I	1600-1690	C=O Stretching
Amida II	1480-1575	CN Stretching, NH Bending
Amida III	1229-1301	CN Stretching, NH Bending

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan metode FTIR kombinasi analisis PLS dan PCA yaitu oleh (Waskitho *et al.*, 2016) lemak babi dalam formulasi lipstik, lemak babi dalam coklat oleh (Suparman *et al.*, 2015), dan lemak babi dalam bakso kaldu oleh (Kurniawati *et al.*, 2014).

6. Prinsip Kerja *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Prinsip spektroskopi inframerah ini untuk menentukan gugus fungsi senyawa yang didasarkan pada serapan inframerah. Teknik spektroskopi yang

digunakan pada dasarnya untuk mengidentifikasi kandungan gugus kompleks, namun tidak bisa digunakan dalam mengidentifikasi unsur penyusunnya. Setelah dianalisis, hasil gugus fungsi FTIR ini tersedia dalam bentuk grafik atau kurva relatif transmitansi (%) pada bilangan gelombang (cm^{-1}). Kemudian juga, puncak pada grafik menandakan adanya ikatan molekul yang teridentifikasi dalam sampel (Fitri, 2022).



Gambar 2. Skema Kerja Alat FTIR
(Alauhdin *et al.*, 2015)

Pada Gambar 2 menggambarkan beberapa komponen instrumen FTIR yaitu *source* sebagai energi inframerah dari sinar sumber benda hitam, yang dimana sinar ini akan melewati celah untuk mengontrol jumlah energi untuk dikirim ke sampel. FTIR menggunakan sumber sinar Global atau Nerst untuk daerah IR Tengah. Jika spektra IR jauh juga akan diukur, maka lampu merkuri tekanan tinggi dapat digunakan. Untuk IR dekat, lampu tungsten-hidrogen dapat digunakan sebagai sumber sinar. Kemudian, sinar masuk ke interferometer dan terjadi *encoding spectral*. Pada proses ini akan menghasilkan sinyal interferogram. Tujuan interferometer adalah untuk membawa berkas sinar, lalu memecahnya ke dalam dua berkas sinar, dan

membuat salah satu berkas sinar berjalan dengan jarak yang berbeda dengan yang lain. Selanjutnya, sinar masuk ke sampel yang ditransmisikan melalui permukaan sampel. Dari sinilah frekuensi energi tertentu, karakter unik dari sampel, diserap. Setelah itu dilakukan pengukuran akhir ketika sinar dinyatakan lolos ke *detector*. *Detector* untuk mengukur sinyal interferogram khusus. Ada 3 jenis *detector* pada FTIR. *Detector* normal adalah alat piroelektrik yang didalamnya terdapat deuterium triglisin sulfat (DTGS), untuk pekerjaan yang perlu sensitifitas lebih menggunakan *detector* merkuri cadmium telluride (MCT), lalu untuk spektra IR di daerah dekat (NIR) menggunakan *detector* fotokonduktor timbal sulfida. Setelah pengukuran akhir pada sinyal, nantinya akan dikirim ke *computer* dan terjadi transformasi *Fourier* yang menghasilkan spektrum inframerah (Alauhdin *et al.*, 2015). Komputer akan mengendalikan instrumen, misalkan dalam hal kecepatan, batas, serta awal dan akhir *scanning*. Komputer akan membaca spektra dari instrument begitu spektrum di-*scanning* (Pavia *et al.*, 2009).

7. Kemometrika

Kemometrika merupakan penerapan ilmu statistika dan matematika pada data kimia, dapat berupa spektrum FTIR, kromatogram, dan lain-lain. Metode kemometrika dalam analisis data bersifat luas dan penting dalam proses pemecahan masalah. Analisis kimia berkaitan dengan campuran kompleks, senyawa, dan sifat-sifatnya, yang seringkali sangat rumit untuk dianalisis, dengan bantuan metode ini sebagai alat untuk menganalisis dan menyusun data mampu memecahkan masalah yang melibatkan klasifikasi sampel yang

berbeda dan menentukan sifat suatu senyawa kimia (Rohman *et al.*, 2020). Kemometrika mampu memberikan informasi yang relevan antara spektrum dan struktur karbohidrat, protein dan lemak. Salah satu analisis multivariat yaitu *partial least square* (PLS) yaitu teknik yang dapat menangani banyak respon, dan *principal component analysis* (PCA) yaitu teknik mereduksi jumlah data ketika ada korelasi antar variabel.

a. *Partial Least Square* (PLS)

PLS atau *Partial Least Square* pertama kali dikembangkan oleh H. Wold pada tahun 1960. PLS berguna dalam memperkirakan variabel tidak bebas (respon) dari variabel prediktor dengan jumlah yang sangat banyak dan yang memiliki struktur sistematis linear atau tidak, tanpa ada data yang hilang dan berkolinearitas tinggi (Ruby, 2018). PLS digunakan untuk mengkuantifikasi sampel secara berkala karena kemampuannya dalam mengatasi beberapa masalah seperti interaksi, *band overlap* dan *co-linearity*. Pada analisis kemometrika menggunakan PLS, data spektral dan konsentrasi diperlukan untuk dekomposisi data (Lorenza *et al.*, 2021).

PLS adalah bagian dari metode kemometrika analisis kuantitatif menggunakan persamaan regresi linier $y = bx + a$, dimana y adalah nilai prediksi yang diperoleh dari spektroskopi FTIR, b adalah kemiringan gradien, x adalah kandungan analit sebenarnya, dan a adalah intersep yaitu perpotongan antara y sumbu dan kemiringan garis. PLS biasanya digunakan pada FTIR untuk mengekstrak informasi dari spektrum kompleks dengan

puncak yang tumpang tindih, adanya *impurities* dan *noise* dari instrumen yang digunakan ini untuk mengumpulkan data (Roberts *et al.*, 2016).

b. Principal Component Analysis (PCA)

Analisis komponen utama atau PCA (*Principal Component Analysis*) pada dasarnya adalah teknik reduksi data multivariat, ketika antar variabel terjadi korelasi. PCA adalah metode analisis kualitatif yang digunakan membuat model multivariat linier pada data yang kompleks. PCA berguna untuk mengeliminasi komponen terkait adanya *noise* dengan mengurangi jumlah variabel dalam suatu matriks untuk menghasilkan variabel baru namun tetap mempertahankan data yang telah dimiliki. Hal ini untuk meminimalkan kesalahan dalam pengukuran. Jika sampel dan komponen utama PC mempunyai sifat fisika kimia yang hampir sama, maka PCA mampu dalam mengelompokkan, dikarenakan adanya korelasi yang signifikan (Noor, 2018).

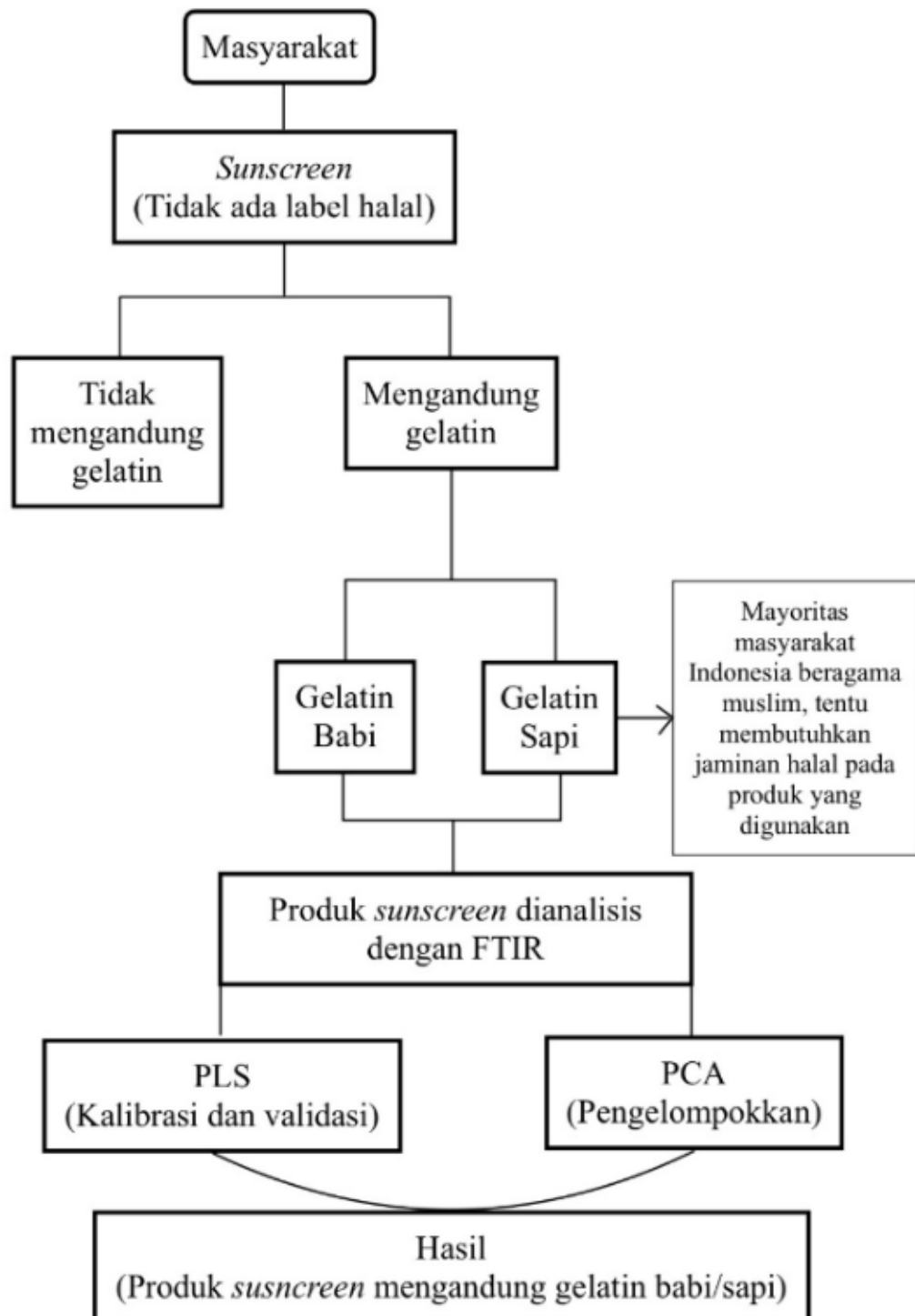
Spektrum gelatin babi dan sapi sangat mirip, walaupun begitu analisis yang digunakan dengan PCA akan terlihat lebih jelas perbedaannya, karena PCA membedakan dari intensitas serapan yang dimiliki. Hasil PCA dari program minitab ini salah satunya dalam bentuk *score plot*. Aturan pada kuadran *score plot* yaitu semakin dekatnya letak titik atau plot sampel maka semakin baik juga hasil yang diperoleh.

B. Hasil Penelitian yang Relevan

Tabel II. Hasil Penelitian Yang Relevan

No	Judul	Nama Peneliti (Tahun)	Variabel Penelitian dan Metode	Hasil Penelitian	Publikasi (Cantumkan nama jurnal atau sumber lain serta URL)
1	Deteksi Gelatin Babi pada Sampel Permen Lunak Jelly Menggunakan Metode <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) dan Kemometrik	Annisa Rahmawati, Bambang Kuswandi, Yuni Retnaningtyas (2015)	Gelatin pada permen lunak Jelly, Metode FTIR dan Kemometrika	Metode yang digunakan dapat mendeteksi gelatin babi dalam sampel permen lunak jelly sebagai identifikasi halal.	e-Journal Pustaka Kesehatan; URL https://jurnal.uncj.ac.id/index.php/JPK/article/view/2586
2	Diferensiasi Gelatin Sapi dan Gelatin Babi pada Gummy Vitamin C Menggunakan Metode Kombinasi Spektroskopi <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) dan <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	Zilhadia, Farida Kusumaningrum, Ofa Suzanti Betha, Supandi (2018)	Gelatin pada Gummy Vitamin C, Metode FTIR dan PCA	Kombinasi metode dapat mengelompokkan gelatin sapi, gelatin babi yang diekstraksi dari gummy vitamin C eksperimen.	Pharmaceutical Sciences and Research; DOI https://doi.org/10.7454/psr.v5i2.4013
3	<i>Gelatin Analysis in local Softcandy Products using Fourier Transform Infra Red (ATR-FTIR) Combined with Chemometrics</i>	Nina Salamah, Arum Fatmawati, Any Guntarti (2023)	Gelatin pada <i>Soft Candy</i> Produk Dalam Negeri, Metode FTIR dan Kemometrika	Metode yang digunakan dapat membedakan gugus fungsi dalam gelatin sapi dan babi dengan mengidentifikasi setiap senyawa.	Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia; URL http://jifi.farmasi.unipancasila.ac.id/index.php/jifi/article/view/1486/678
4	<i>An evaluation of Fourier Transforms Infra Red Spectroscopy method for the classification and discrimination of bovine, porcine and fish gelatins</i>	Nur Cebi, M.Zeki Durak, Omer Kata Toker, Osman Sagdik, Muhammad Ari ci (2016)	Klasifikasi dan diskriminasi Gelatin, Metode ATR-FTIR	Gelatin sapi, babi, dan ikan berhasil diklasifikasikan berdasarkan sumbernya menggunakan ATR-FTIR	Jurnal ScienceDirect DOI http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.065

C. Kerangka Berpikir



Gambar 3. Kerangka Berpikir

Berdasarkan Gambar 3 merupakan kerangka yang diacu dari penelitian sebelumnya seperti yang ada pada Tabel II yang memang selinear dalam penelitian kehalalan menggunakan FTIR. Selain itu, penelitian ini berfokus pada produk kosmetik, seperti *sunscreen*. Penggunaan *sunscreen* sangat penting untuk semua orang, tidak hanya seseorang yang beraktivits diluar rumah, namun bagi orang yang di depan layar juga penting untuk kesehariannya (Asmiati *et al.*, 2021).

Pemilihan *sunscreen* semakin banyak di pasaran khususnya yang dijual di *Shopee*. Ada beberapa *sunscreen* yang memiliki kandungan gelatin sebagai bahan pengemulsi dan agen humektan. Gelatin biasanya berasal dari kulit dan tulang hewan yang memiliki kandungan tinggi, contohnya seperti sapi dan babi. Kesamaan tampilan fisik gelatin sapi dan babi membuat keduanya tidak bisa dibedakan. Selain itu, ketika gelatin dicampur ke dalam produk dan dijual akan sulit untuk mengetahui dari hewan mana gelatin tersebut berasal, sehingga terdapat kemungkinan pemalsuan/kesalahan pelabelan yang bermotif finansial (Uddin *et al.*, 2021). Hal ini akan bermasalah untuk masyarakat muslim terkait larangan dalam keyakinannya. Sehingga dibutuhkan metode analisis untuk menguji kandungan asal gelatin pada *sunscreen*.

Metode analisis yang akan digunakan adalah spektroskopi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), namun sulit untuk menganalisis perbedaan gugus fungsi gelatin sapi dan gelatin babi yang dihasilkan karena kemiripan gugus fungsi, sehingga digunakanlah kombinasi dengan kemometrika atau

analisis multivariat PLS (Zilhadia, 2018) yang akan mengkalibrasi dan juga memvalidasi metode yang digunakan dan PCA untuk mengelompokkan gelatin berdasarkan sumbernya dari sampel berupa *sunscreen*.

D. Hipotesis

Fourier Transform Infra Red (FTIR) dalam kombinasi dengan kemometrika dapat menganalisis perbedaan gelatin melalui hasil spektrum gugus fungsi dari *sunscreen* referensi mengandung gelatin babi dan gelatin sapi, serta dapat mengelompokkan perbedaan gelatin babi dan sapi pada *sunscreen* yang dijual di *shopee* yang belum ada label halal dan *sunscreen* referensi.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Rancangan Penelitian

Kategori penelitian ini tentang analisis gelatin pada *sunscreen* menggunakan metode FTIR dan kemometrika adalah jenis penelitian non-eksperimental yang dilakukan di Kampus 3 Laboratorium Halal, Fakultas Farmasi, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.

B. Sampel

Sampel yang dipilih yaitu *sunscreen* yang difungsikan untuk melindungi kulit dari sinar matahari. Kriteria yang dipilih adalah tiga sampel yang dijual secara *online* di *Shopee* dengan harga < Rp100.000,00/produk, tidak mempunyai label halal pada kemasannya, berbahan baku gelatin (*Hydrolized collagen*), terjual puluhan hingga ratusan. Pada penelitian ini ketiga sampel tersebut diberi kode *Sunscreen* KJC (Sampel 1), *Sunscreen* 3WC (Sampel 2), dan *Sunscreen* AYR (Sampel 3).

C. Bahan dan Alat

1. Bahan

Tiga jenis sampel *sunscreen* yang dijual di *Shopee* mengandung *Hydrolized collagen*, gelatin sapi (*Sigma Alderich*), gelatin babi (*Sigma Alderich*), aseton (*Merck*), *Ethyhexil Methoxycinnamate*, trietanolamin (*Merck*), vaselin putih (*Brataco*), cera alba (*Brataco*), propilen glikol (*Brataco*), dan aquades (*Brataco*), aluminium foil.

2. Alat

Timbangan analitik, sendok tanduk, sudip, batang pengaduk, *waterbath*, *hot plate*, *beaker glass*, gelas ukur, cawan porselen, kaca arloji, mortir dan stamper, termometer, gunting, botol kaca, pot plastik, tabung reaksi, pipet tetes, pipet ukur, pipet volume, lemari pendingin, oven khusus babi, vortex, Spektrofotometer FTIR (*Agilent*), *Software Minitab 21*.

D. Variabel Penelitian

1. Klasifikasi Variabel

a. Variabel bebas

Gelatin sapi dan gelatin babi yang digunakan dan kandungan yang terdapat dalam *sunscreen*.

b. Variabel Terikat

Hasil spektrum FTIR *sunscreen* referensi dan *sunscreen* yang mengandung *Hydrolized collagen* dan belum ada label halalnya.

c. Variabel Terkendali

Suhu, variasi konsentrasi, dan bilangan gelombang.

2. Definisi Operasional

- a. Suhu pada saat pemanasan yaitu 37°C sampai 60°C.
- b. Variasi konsentrasi gelatin sapi dan gelatin babi untuk validasi dibuat berbeda yaitu 10%-110%.
- c. Bilangan gelombang yang digunakan yaitu 4000 – 400 cm⁻¹.

E. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan *Sunscreen* Referensi

Timbang semua bahan sesuai dengan formulasi pada Tabel III. Leburkan gelatin, vaselin putih, dan cera alba menggunakan *waterbath* di suhu 75°C. Kemudian trietanolamin dimasukkan beserta propilen glikol ke dalam cawan porselin, pencampuran ini juga dipanaskan diatas *waterbath* di suhu 75°C. Sebelum mencampurkan semua bahan, mortir dihangatkan terlebih dahulu dengan air panas. Setelah mortir hangat, semua bahan dalam kondisi hangat dicampurkan hingga terbentuk *vanishing cream*. *Vanishing cream* didinginkan, setelah itu ditambahkan zat aktif ekstrak *Ethyhexil Methoxycinnamate* ke dalam basis dan campur hingga homogen. Krim *sunscreen* yang sudah dibuat dimasukkan dalam wadah dan diberi *etiket* (Meilina *et al.*, 2023).

Tabel III. Formulasi *Sunscreen* Referensi Gelatin Babi (100%, 80%, 50%, 20%) dan Gelatin Sapi 100% (Meilina *et al.*, 2023)

Bahan	Komponen Formula (gram)					Fungsi
	A	B	C	D	E	
<i>Ethyhexil Methoxycinnamate</i>	1	1	1	1	1	Zat aktif
Gelatin Sapi	3	1,8	1,5	1,2	-	Emulgator
Gelatin Babi	-	1,2	1,5	1,8	3	Emulgator
Trietanolamin	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	<i>Stabilizer Agent</i>
Vaselin Putih	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	Basis
Cera Alba	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	Peningkat Viskositas
Propilen Glikol	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	Humektan
Aquades ad	20	20	20	20	20	Pelarut

2. Isolasi gelatin dari *sunscreen* referensi dan *sunscreen* mengandung *Hydrolized collagen* yang belum ada label halal

Sebanyak 5 gram *sunscreen* ditimbang dan dilarutkan 5 mL aquades dengan suhu 60°C dalam *beaker glass*, aduk hingga larut. Kemudian diambil 3 mL larutan sampel dan ditambahkan 12 mL aseton yang telah disimpan dalam *freezer* bersuhu -20°C. Campuran divortex selama 5 menit dan disimpan dalam *freezer* -20°C selama 24 jam. Endapan diambil lalu dicuci tiga kali dengan 3 mL aseton pada suhu -20°C. Setelah itu di letakkan pada cawan porselen lalu di bungkus dengan aluminium foil yang telah diberi lubang-lubang kecil. Setelah itu di oven khusus halal maupun non halal dan diamkan selama 1 hari agar menghilangkan sisa aquades yang ada. Selanjutnya baru endapan dianalisis dengan spektrofotometer FTIR (Zilhadia *et al.*, 2018).

3. Analisis gelatin *sunscreen* referensi dan *sunscreen* mengandung *Hydrolized collagen* yang belum ada label halal dengan Spektrofotometer FTIR

Masing-masing dari larutan gelatin referensi dan gelatin pada *sunscreen* hasil isolasi dilakukan scanning menggunakan Spektroskopi FTIR pada bilangan gelombang yang telah ditetapkan yaitu 4000 – 400 cm⁻¹.

F. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan adalah PLS (*Partial Least Square*) dan PCA (*Principal Component Analysis*) dengan menggunakan program aplikasi *Minitab* 21. Hasil spektrum yang didapat kemudian diubah ke bentuk data

tabel hubungan antara absorbansi dari tiap sampel dengan bilangan gelombang pada *range* pengukuran $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$. Hal yang dilakukan pada PLS terdiri dari optimasi bilangan gelombang, kalibrasi, validasi (internal dan eksternal). Ketiga hal tersebut mempunyai cara sama dalam mencari nilai sebenarnya dan nilai prediksi dalam program aplikasi *Minitab 21*. Perbedaan diantaranya hanya terletak pada perhitungan RMSE.

Langkah-langkah PLS dan PCA adalah memilih beberapa *range* bilangan gelombang untuk dioptimalkan. Bilangan gelombang yang dipilih adalah bilangan yang mengandung gugus fungsi yang diteliti. Selanjutnya masukkan data bilangan gelombang dan absorbansi ke dalam aplikasi *Minitab 21*. Kemudian pilih menu *Stat>Regression>Partial Least Squares* untuk menampilkan jendela PLS. Kolom *Responses* diisi dengan variabel terikat (y), kolom *Model* diisi dengan prediktor (x), dan kolom *Categorical predictors* diisi dengan angka jumlah PC yang dihitung atau biarkan kosong. Kemudian klik *Options>Leave-One-Out>OK*. Setelah itu, hasil nilai prediksi dan nilai sebenarnya akan muncul (Rohman, 2014).

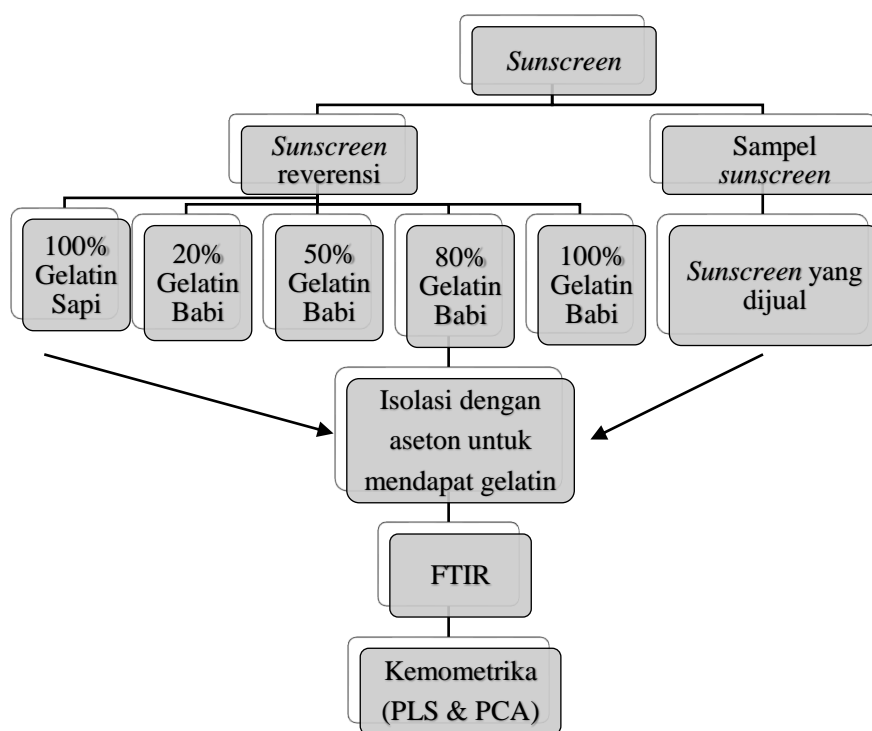
Setelah hasil didapat, dilakukan perhitungan nilai R^2 , persamaan regresi, dan nilai RMSE pada aplikasi *Microsoft Excel*. Pada aplikasi *Microsoft Excel* pilih menu *Data>Data Analysis>Regression*. Setelah itu dimasukkan (x) dan (y) pada kolom *Input X Range* dan *Input Y Range*. Centang pada *Standardized Residuals* lalu klik OK, sehingga muncul nilai R^2 dan *intercept*. Pada penghitungan nilai RMSE didapat dengan cara kuadrat dari

pengurangan nilai aktual dengan nilai prediksi yang dijumlahkan dan dibagi jumlah data (Gontijo *et al.*, 2014).

Kemudian analisis PCA, bilangan gelombang dan absorbansi yang telah dioptimasi sebelumnya dimasukkan pada aplikasi *Minitab 21*. Langkahnya yaitu klik menu *Stat>Multivariate>Principal Components* dan jendela PCA akan muncul. Pada kolom *Variables* diisi dengan *range* bilangan gelombang yang digunakan. *Type of Matrix* dipilih pada *Covariance*. Kemudian klik *Graphs*, centang semuanya, dan akan muncul hasil berupa kurva *score-plot*, nilai *eigenvalue*, *proportion*, dan *cumulative* (Rohman, 2014).

G. Flowchart Cara Kerja

Bagan penelitian ini secara lengkap tertuang pada Gambar 4 yang ada dibawah ini:



Gambar 4. Flowchart Cara Kerja

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Persiapan Sampel

Pada penelitian ini, sampel yang digunakan adalah *sunscreen* referensi dan *sunscreen* mengandung *Hydrolized collagen* yang dijual secara *online* di *Shopee*. Diperoleh 3 *sunscreen* dengan pemilihan acak namun terkontrol dengan tetap melihat komposisi dari produk, harga < Rp100.000,00/produk, tidak mempunyai label halal, berbahan baku gelatin (*Hydrolized collagen*), terjual puluhan hingga ratusan. Sedangkan *sunscreen* referensi ialah *sunscreen* yang dibuat semirip mungkin dengan *sunscreen* yang dijual agar nantinya hasil yang didapat tidak berbeda signifikan. Pada pembuatan *sunscreen* referensi ini menggunakan bahan gelatin babi atau gelatin sapi dan menambahkan *ethylhexil methoxycinnamate* sebagai zat aktif *sunscreen* yang dibuat sama dengan sampel yang akan diuji.

Perbedaan gelatin babi dan gelatin sapi secara organoleptis dapat dilihat gambarnya pada Lampiran 1. Pada Tabel IV dijelaskan bahwa gelatin babi berwarna putih tulang dan gelatin sapi berwarna kekuningan. Sedangkan dari segi bau terutama saat gelatin dibasahi, gelatin babi mempunyai bau khas yang lebih pekat daripada gelatin sapi, walaupun keduanya sama-sama mempunyai bau yang khas.

Tabel IV. Organoleptis Gelatin Babi dan Gelatin Sapi

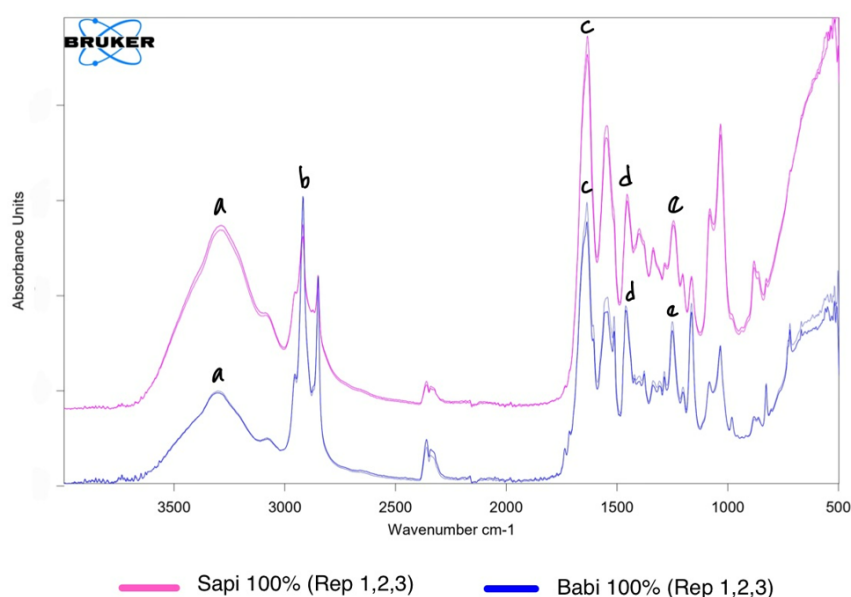
Gelatin Babi	Gelatin Sapi
Warna → putih tulang	Warna → kekuningan
Aroma → Bau khas yang lebih pekat	Aroma → Bau khas

Proses selanjutnya, *sunscreen* referensi dan *sunscreen* sampel dilakukan proses isolasi. Proses isolasi untuk memisahkan komponen utama yang akan dianalisis dan komponen pendukung terhadap gelatin yang akan dibaca menggunakan FTIR. Proses isolasi dilakukan dengan menambahkan aseton - 20⁰C yang dapat mendenaturasi protein. Denaturasi protein adalah kondisi dimana protein mengalami perubahan struktur sekunder, tersier, dan kuaternernya tanpa mengubah struktur primernya (tanpa memotong ikatan peptida). Denaturasi protein ini sering menyebabkan pengendapan karena mengalami perubahan viskositas atau berkurangnya kelarutan air (Maulidiyah *et al.*, 2020).

B. Analisis Gelatin Babi, Gelatin Sapi, dan Sampel Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Analisis gelatin babi dan gelatin sapi menggunakan spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). FTIR merupakan metode yang cepat, ekonomis dan mudah dalam pengerjaannya. Keunggulan utama spektroskopi ini dengan lainnya, karena sifatnya sebagai spektrum sidik jari, yang mana tidak ada dua buah senyawa atau sampel yang berbeda mempunyai spektrum IR yang sama. Spektrum IR satu senyawa dengan spektrum IR senyawa yang lain dapat dibedakan dari jumlah puncaknya, intensitasnya, atau bilangan gelombang eksak tiap-tiap puncak. Oleh karena itu, spektrum IR kebanyakan digunakan untuk identifikasi suatu senyawa kimia atau melakukan konfirmasi senyawa kimia melalui gugus fungsional (Rohman, 2014).

Analisis gugus fungsional dan profil dari gelatin dilakukan dengan alat FTIR dimana sampel dilakukan *scanning* pada daerah IR sedang ($4000\text{-}500\text{ cm}^{-1}$). Spektrum FTIR gelatin babi dan gelatin sapi dapat dilihat pada Gambar 5. Keduanya memiliki pola spektrum yang mirip secara visual tetapi apabila dilihat dari masing-masing serapan absorbansi secara kuantitatif akan berbeda.



Gambar 5. Spektrum FTIR Pada Gelatin Babi dan Gelatin Sapi Referensi 100% (Keterangan gambar tertuang pada Tabel V)

Berdasarkan Gambar 5 merupakan hasil spektra FTIR Gelatin Babi dan Gelatin Sapi Referensi 100% pada bilangan gelombang $4000\text{-}500\text{ cm}^{-1}$. Pada spektrofotometer FTIR, gelatin akan terbaca sebagai senyawa protein. Gelatin merupakan protein yang memiliki struktur gugus fungsi, yaitu gugus N-H, karbon-hidrogen (C-H), gugus karbonil Amida (C=O), gugus amina (NH).

Selanjutnya, pada Tabel V dapat dilihat bilangan gelombang 3303 cm^{-1} pada gelatin babi dan 3290 cm^{-1} pada gelatin sapi menunjukkan adanya

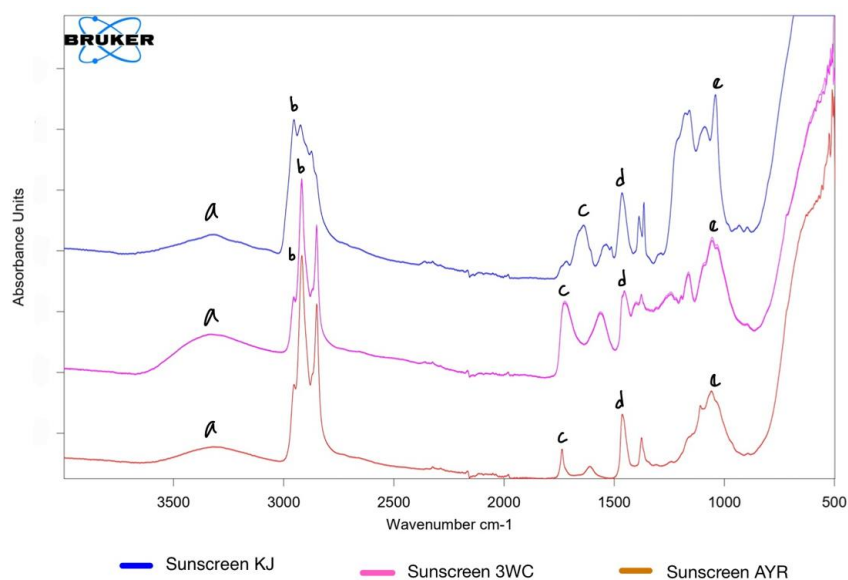
puncak yang merupakan pita absorpsi dari gugus NH. Vibrasi stretching NH mempunyai rentang pita bilangan gelombang $3500\text{ cm}^{-1} - 3100\text{ cm}^{-1}$ (Pavia et al., 2009). Hal ini juga bisa dilihat pada Tabel 1 bahwa pada bilangan gelombang 3300 merupakan NH stretching. Pada bilangan gelombang 2917 cm^{-1} pada gelatin babi dan 2918 cm^{-1} pada gelatin sapi terdapat *stretching* C-H. Serapan gugus C-H alifatik terjadi pada rentang $3000\text{ cm}^{-1} - 2850\text{ cm}^{-1}$. Selanjutnya gugus karbonil (C=O), pita ini muncul pada daerah $1830\text{ cm}^{-1} - 1650\text{ cm}^{-1}$ tergantung pada jenis ikatan C=O. Pada C=O jenis amida memiliki rentang $1680\text{ cm}^{-1} - 1630\text{ cm}^{-1}$. Pada gelatin babi terdapat bilangan gelombang 1635 cm^{-1} dan pada gelatin sapi terdapat bilangan gelombang 1634 cm^{-1} . Puncak tersebut sering disebut dengan wilayah Amida I yang menyebabkan *stretching* gugus C=O pada ikatan peptida, hal ini bisa dilihat pada Tabel 1. Selain itu, pada bilangan gelombang 1460 cm^{-1} pada gelatin babi dan 1454 cm^{-1} pada gelatin sapi terlihat puncak wilayah Amida II. Daerah tersebut merupakan N-H *Bending* (Cebi et al., 2016). Amida I dan Amida II adalah wilayah untuk menganalisis protein sekunder dan sumber gelatin (Jeevithan et al., 2014). Sedangkan frekuensi pada $1250\text{ cm}^{-1} - 517\text{ cm}^{-1}$ merupakan daerah puncak Amida III, pada daerah ini terdapat kaitan antara turunan fosfat, polisakarida, protein, dan asam lemak dengan vibrasi (Zilhadia et al., 2018). Pada bilangan gelombang 1250 cm^{-1} gelatin babi dan 1244 cm^{-1} pada gelatin sapi muncul puncak yang merupakan gugus fungsi dari C-N yang memiliki rentang $1350\text{ cm}^{-1} - 1000\text{ cm}^{-1}$ (Pavia et al., 2009).

Tabel V. Gugus Fungsi Spektrum Pada Gelatin Babi dan Gelatin Sapi Referensi 100% (Mengacu pada Gambar 5)*

Pita	Bilangan		Referensi Pavia <i>et al.</i> , 2009 (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Model Vibrasi	Intensitas
	Gelombang (cm^{-1}) Gelatin Babi	Gelatin Sapi				
a	3303	3290	3500-3100	N-H	Stretching	Medium
b	2917	2918	3000-2850	C-H alifatik	Stretching	Kuat
c	1635	1634	1680-1630	C=O	Stretching	Kuat
d	1460	1454	1640-1550	N-H	Bending	Medium-Kuat
e	1250	1244	1350-1000	C-N	Stretching	Medium-Kuat Kuat

*Data replikasi ada pada Lampiran 24

Setelah dilakukan analisis terhadap gelatin babi dan sapi referensi, selanjutnya dilakukan analisis terhadap sampel *sunscreen* yang dijual di *shopee*. Prosesnya pun sama dilakukan isolasi terlebih dahulu dengan menggunakan aseton -20°C . Setelah itu dianalisis menggunakan FTIR. Hasil spektrum FTIR gelatin pada sampel *sunscreen* yang mengandung *Hydrolyzed collagen* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Spektrum FTIR pada Sampel *Sunscreen* yang mengandung *Hydrolyzed collagen* (Keterangan gambar tertuang pada Tabel VI)

Sampel *sunscreen* yang digunakan menggunakan 3 merk yang berbeda dengan label *sunscreen* KJC, *sunscreen* 3WC, *sunscreen* AYR. Hasil isolasi berupa endapan yang kemudian dibaca dengan alat FTIR pada bilangan gelombang 4000-500 cm^{-1} . Puncak gelatin yang muncul mirip dengan *sunscreen* referensi yang dibuat, namun ada perbedaan dengan absorbansinya.

Tabel VI. Gugus Fungsi Pada Sampel *Sunscreen* yang Mengandung *Hydrolized collagen**

Pita	Bilangan Gelombang Pada Sampel (cm^{-1})			Referensi Pavia <i>et al.</i> , 2009 (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Model Vibrasi	Intensitas
	KJC	3WC	AYR				
a	3324	3326	3319	3400-3200	N-H	Stretching	Medium
b	2954	2917	2918	3000-2850	C-H alifatik	Stretching	Kuat
c	1637	1624	1610	1680-1630	C=O	Stretching	Medium-Lemah
d	1463	1454	1462	1640-1550	N-H	Bending	Medium-Kuat
e	1039	1056	1071	1350-1000	C-N	Stretching	Medium-Kuat

*Data replikasi ada pada Lampiran 25

Berdasarkan Tabel VI, puncak yang muncul pada tiga sampel *sunscreen* yang mengandung *Hydrolized collagen* adalah gugus NH, C-H alifatik, C=O, dan C-N. Hal ini menunjukkan gugus fungsi yang sama pada gelatin babi dan gelatin sapi referensi 100%, namun ada perbedaan pada intensitasnya. Kemungkinan, *Hydrolized collagen* yang ditambahkan pada sampel tidak sebanyak perbandingan dari gelatin babi dan sapi referensi yang telah dibuat.

Analisis gugus fungsi yang dihasilkan oleh FTIR sulit untuk mendiferensiasi gelatin sapi dan babi karena banyaknya kesamaan gugus fungsi yang dimiliki. Hasil spektrum untuk memudahkan analisis data yang dihasilkan dari FTIR, maka perlu dilakukan kombinasi dengan *Partial Least*

Square (PLS) untuk kalibrasi dan validasi serta *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mengklasifikasi atau mengelompokkan sifat suatu bahan atau zat berdasarkan kesamaan yang dimilikinya.

C. Optimasi Bilangan Gelombang untuk Kalibrasi dan Validasi dengan PLS

Setelah dianalisis menggunakan FTIR didapat hasil spektrum berisi gugus fungsi protein dari gelatin babi dan sapi. Pada hasil spektrum keduanya mempunyai puncak mirip namun berbeda pada hasil serapan absorbansinya. Sehingga akan sulit jika hanya menggunakan spektroskopi FTIR. Oleh karena itu, perlu kombinasi dengan metode kemometrika yaitu PLS dan PCA. Keduanya adalah metode analisis multivariat yang dapat mengklasifikasikan kesamaan sifat suatu zat yang dimiliki (Zilhadia *et al.*, 2018).

Salah satu metode yang digunakan untuk analisis kuantitatif adalah kalibrasi multivariat dengan PLS menggunakan aplikasi *Minitab 21*. PLS sesuai untuk suatu dataset dengan variabel (prediktor) yang memiliki kolinieritas tinggi atau jumlah variabel melampaui jumlah pengamatan (*observation*). PLS akan mereduksi jumlah prediktor dan mengemas prediktor yang tidak saling berkorelasi menjadi suatu variabel *hybrid* yang baru dengan tetap menggambarkan informasi awal dari dataset. Menurut (Inayah, 2018), konsep dari PLS yaitu mampu memprediksi variabel dengan cara yang lebih baik ketika ada spektra yang tumpang tindih satu sama lain serta berkorelasi tinggi dengan variabel respon. PLS ini dapat memprediksi

konsentrasi yang tidak diketahui sebelumnya dengan cara merekonstruksi spektrum dari spektra pemuat

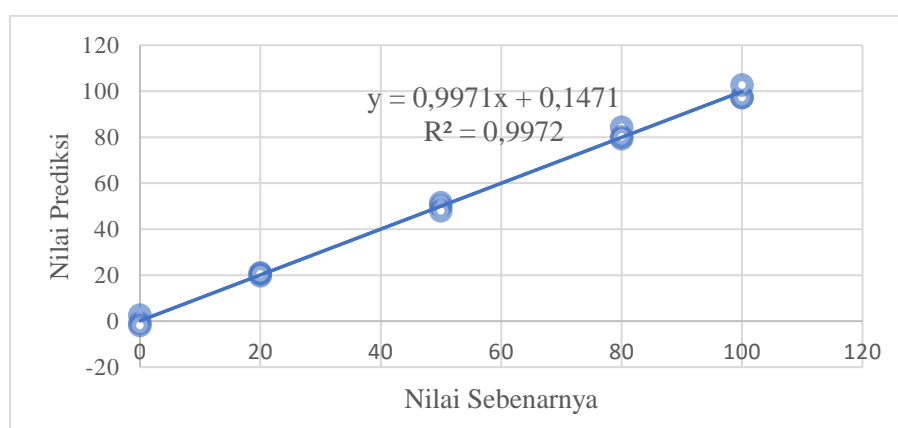
Akan tetapi, sebelumnya perlu dilakukan optimasi pada bilangan gelombang dengan menentukan bilangan gelombang yang akan dibuat pemodelan kalibrasi dan validasi. Penentuan ini berguna agar kinerja model kalibrasi dapat mencapai optimum. Optimasi berpusat pada bilangan gelombang dengan rentang 4000-500 cm^{-1} , saat optimasi bilangan gelombang yang dipilih merupakan daerah yang memiliki gugus fungsi atau daerah sidik jari dan model kalibrasi berdasarkan pada nilai tertinggi atau mendekati 1 dari koefisien determinasi (R^2) yang menunjukkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat semakin baik dan nilai terendah untuk RMSEC (*Root Mean Standard Error of Calibration*) menunjukkan semakin sedikit kesalahan model kalibrasi (Rohman, 2014).

Tabel VII. Optimasi Hasil Bilangan Gelombang Pada *Sunscreen* Referensi Gelatin Babi (100%, 80%, 50%, 20%) dan Gelatin Sapi 100% dengan PLS

Bilangan gelombang (cm^{-1})	R^2	Persamaan Regresi	RMSEC (%)
1635 - 1401	0,9697	$y = 0,9685x + 1,5764$	6,777863
1635 - 1547	0,9427	$y = 0,9486x + 2,5714$	8,65655
1543 - 1336	0,9665	$y = 0,9621x + 1,8968$	7,43495
1461 - 1340	0,9972	$y = 0,9971x + 0,1471$	2,07002
1461 - 1286	0,9914	$y = 0,9925x + 0,376$	3,3100859
1338 - 1241	0,8312	$y = 0,8517x + 7,4158$	14,73024
1032 - 881	0,9325	$y = 0,9357x + 3,2171$	9,68281

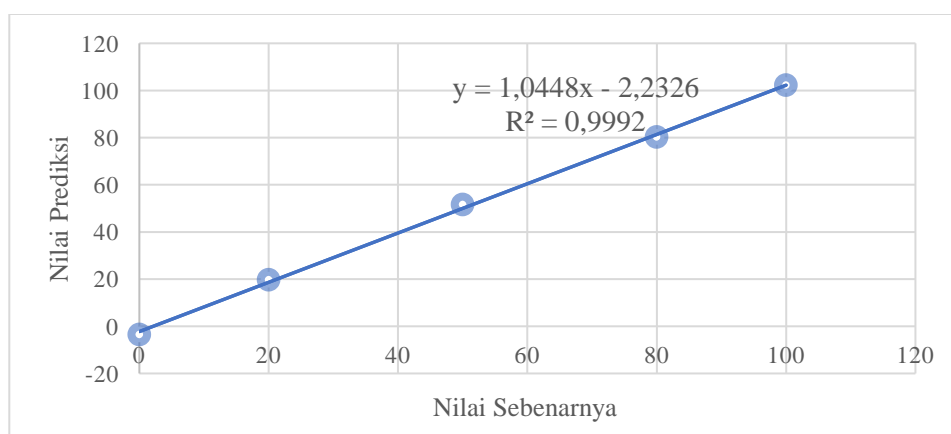
Berdasarkan Tabel VII, pemodelan pada analisis PLS menggunakan parameter berupa hubungan antara nilai prediksi (sumbu x) dan nilai sebenarnya (sumbu y) yaitu kadar vs *fits*, digambarkan dengan persamaan regresi linier $y = bx + a$ dimana y merupakan kadar terprediksi dengan

spektrofotometer FTIR, b adalah kemiringan garis lurus (slope), x adalah kandungan analit sebenarnya, dan a adalah perpotongan garis lurus sumbu y (*intercept*). Pada model kalibrasi dan model validasi PLS dilakukan pada bilangan gelombang yang sudah dioptimasi. Dari optimasi, bilangan gelombang yang dipilih untuk pemodelan yaitu $1461 - 1340 \text{ cm}^{-1}$. Berdasarkan hasil penelitian ini, diperoleh persamaan $y = 0,9971x + 0,1471$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9972. Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa variabel bebas yaitu sumbu x dapat menjelaskan varian pada variabel terikatnya yaitu sumbu y sebesar 99,72%. Sedangkan untuk nilai RMSEC diperoleh sebesar 2,07002%. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang ditunjukkan sudah baik karena mendekati 1 dan nilai RMSEC yang didapat juga sudah baik karena paling mendekati 0 dari yang lainnya. Selanjutnya hubungan antara nilai sebenarnya (sumbu x) dengan nilai prediksi (sumbu y) model kalibrasi di rentang bilangan gelombang $1461 - 1340 \text{ cm}^{-1}$ ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva RMSEC Hubungan antara Nilai Sebenarnya (sumbu x) dan Nilai Prediksi (sumbu y) dengan Model Kalibrasi Pada Bilangan Gelombang $1461 - 1340 \text{ cm}^{-1}$

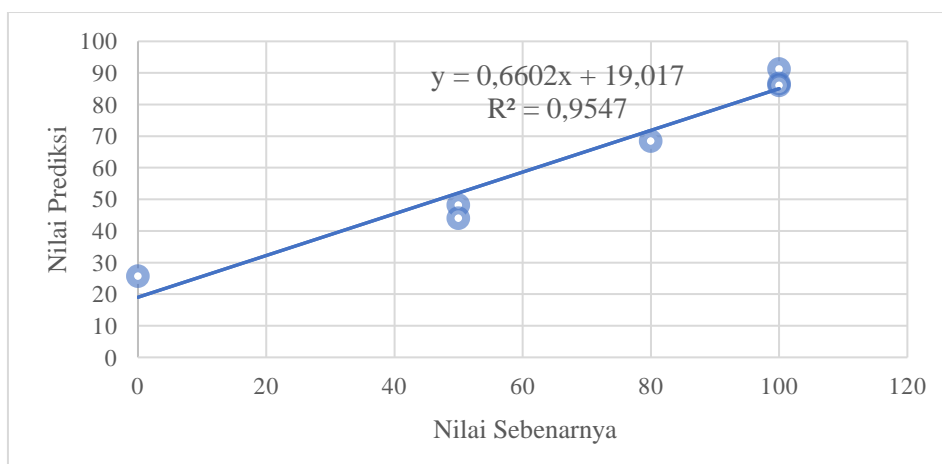
Dari Gambar 7 menunjukkan hubungan yang sangat baik antara nilai sebenarnya terhadap nilai prediksi. Dalam memilih spektrum untuk model kalibrasi harus berdasarkan syarat dari nilai R^2 dan nilai RMSEC. Nilai R^2 adalah diantara 0-1 dan dikatakan baik jika mendekati 1, nilai ini bertujuan untuk mengukur seberapa jauh kemampuan variabel *independent* menjelaskan variabel *dependent* (Natoen *et al.*, 2018). Sedangkan RMSEC menunjukkan selisih kadar prediksi dengan kadar *actual*, dapat disimpulkan jika nilai RMSEC nya semakin kecil maka model tersebut semakin valid karena faktor kesalahannya semakin kecil. Selanjutnya, dari kalibrasi dilakukan validasi internal dengan parameter RMSECV (*Root Mean Square Error of Cross Validation*) dan nilai R^2 yang didapat hasil dari kadar vs *fits (pred)* yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva RMSECV Hubungan Antara Nilai Sebenarnya (sumbu x) dan Nilai Prediksi (sumbu y) dengan Model Validasi Internal Pada Bilangan Gelombang 1461 – 1340 cm^{-1}

Pada metode validasi ini, teknik yang digunakan berupa *leave-one out* dengan mengeluarkan satu atau beberapa data dan membuat model baru dari data yang telah tersisa. Dikatakan baik jika hasil RMSECV rendah dan nilai R^2 mendekati 1. Berdasarkan Gambar 8 diperoleh nilai R^2 sebesar 0,9992 dan

nilai RMSECV sebesar 0,7238%, serta persamaan yang diperoleh adalah $y = 1,0448x - 2,2326$. Setelahnya, dilakukan validasi eksternal dengan parameter nilai RMSEP (*Root Mean Square Error of Prediction*) dan R^2 yang didapat hasil dari kadar vs *fits* yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Kurva RMSEP Hubungan Antara Nilai Sebenarnya (sumbu x) dan Nilai Prediksi (sumbu y) dengan Model Validasi Eksternal pada Bilangan Gelombang 1461 – 1340 cm^{-1}

Berdasarkan Gambar 9 terkait validasi eksternal ini merupakan hasil dari PLS gabungan sampel sunscreen dan sampel pembanding dengan teknik *leave-one out*. Pada kurva tersebut diperoleh nilai R^2 sebesar 0,9547 dan nilai RMSEP sebesar 1,5890%. Persamaan yang diperoleh yaitu $y = 0,6602x + 19,017$.

D. Analisis Data Menggunakan PCA

Setelah dilakukan analisis PLS terhadap spektra FTIR selanjutnya dilakukan analisis komponen utama (*Principal Component Analysis*, disingkat PCA) dilakukan untuk mengelompokkan suatu sampel (Putri *et al.*, 2021). PCA merupakan metode analisis multivariat yang mereduksi dimensi variabel dengan tidak menghilangkan informasi dari sampel. PCA pada

dasarnya adalah teknik reduksi data multivariat, ketika antar variabel terjadi korelasi. Objek (sampel) dengan komponen utama yang hampir sama mempunyai sifat fisika-kimia, sehingga PCA dapat digunakan untuk pengelompokan (Rohman *et al.*, 2020). Analisis PCA dilakukan dengan memasukkan data absorbansi dari *Sunscreen* referensi gelatin babi dan sapi dengan 3 produk sampel mengandung *Hydrolized collagen* yang dijual di *shopee*. Selain itu juga pemilihan bilangan gelombang dari hasil optimasi yang dilakukan sebelumnya.

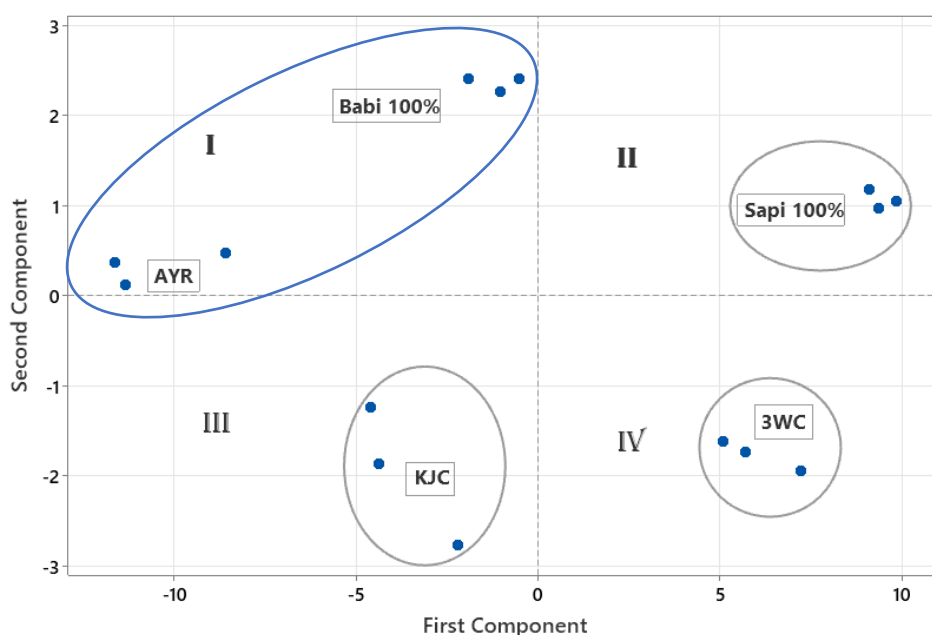
Analisis kemometrika PCA ini menggunakan aplikasi minitab 21, data komponen utama (PC) dari masing-masing sampel akan direduksi berdasarkan kemiripan antar variabel dan kolerasi antar variabelnya. Berikut hasil analisis PCA *Sunscreen* referensi gelatin babi dan sapi dengan 3 produk sampel mengandung *Hydrolized collagen* yang dijual di *shopee* dapat dilihat pada Tabel VIII.

Tabel VIII. Hasil Analisis PCA Berupa *Eigenanalysis of the Covariance Matrix*

<i>Eigenvalue</i>	54,658	3,040	2,059	0,171	0,059	0,006	0,003	0,002	0,000
<i>Proportion</i>	0,911	0,051	0,034	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Cumulative</i>	0,911	0,962	0,996	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Hasil analisis PCA diperoleh data *eigenvalue*, *propotion* dan *cumulative*. *Eigenvalue* menampilkan variasi setiap PC serta menunjukkan pengaruh setiap variabelnya. *Proportion* menjelaskan kontribusi dari masing-masing PC terhadap variasi variabel, sedangkan *cumulative* merupakan jumlah kumulatif dari *proportion*.

Dari Tabel VIII menunjukkan bagaimana varian total dibagi secara bersama antara 60 komponen utama dan baris kedua menunjukkan tiap varians sebagai proporsi dari total. Dengan demikian PC_1 mempunyai varians 54,658 atau 91,1% dari varians total. Nilai ini memberikan proporsi terbesar disbanding variabel asal. PC_2 memberikan 5,1% dari total varians. Baris terakhir dari blok pertama memberikan proporsi kumulatif. Dari sini dapat diketahui bahwa sampai PC_5 , varians yang diperoleh sebesar 100% dengan demikian PCA dapat mengurangi data yang semula variabelnya ada 60 (absorbansi di 60 bilangan gelombang) dapat dijelaskan dengan 5 variabel baru (sampai PC_5), karena sampai PC_5 sudah mampu mengekstraksi informasi sebesar 100% (Rohman, 2014).



Gambar 10. *Score plot* PCA Antara *Sunscreen* Referensi Gelatin Babi dan Sapi 100% dengan 3 Produk Sampel yang Mengandung *Hydrolyzed collagen* (Keterangan: Setiap sampel ada 3 replikasi)

Berdasarkan Gambar 10 terdapat 4 kuadran. Sampel yang memiliki sifat fisika kimia yang hampir sama akan menunjukkan plot yang berdekatan

ataupun berada dalam suatu kuadran (Widyastuti *et al.*, 2021). Gelatin babi referensi berada di kuadran I sedangkan gelatin sapi referensi berada di kuadran II. Pada gambar ada satu sampel yaitu *sunscreen* AYR yang berada di kuadran sama dengan gelatin babi referensi. Hal ini menunjukkan kemungkinan *sunscreen* AYR mengandung gelatin babi karena memiliki sifat fisika kimia yang mirip dengan gelatin babi. Selanjutnya sampel *sunscreen* KJC berada di kuadran III dan sampel *sunscreen* 3WC berada di kuadran IV. Kedua kuadran tidak mengandung gelatin babi maupun gelatin sapi referensi. Kemungkinan bahan gelatin dari kedua sampel tersebut berasal dari gelatin lain, contohnya gelatin dari ikan.

Untuk membuktikan kemurnian, bisa penelitian lanjutan seperti dengan PCR agar mendapat analisis gelatin yang lebih spesifik. Selain itu, *sunscreen* referensi yang dibuat, hanya menggunakan bahan-bahan pokok *sunscreen* yang mungkin tidak lengkap seperti *sunscreen* yang dibuat dari pabrik. Hal ini juga memungkinkan bisa mempengaruhi perbedaan komposisi besarnya gelatin (Hamid *et al.*, 2019).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kombinasi FTIR dan Kemometrika dapat menganalisis dan membedakan gugus fungsi pada gelatin babi dan gelatin sapi yang menghasilkan senyawa kimia berupa protein yaitu N-H, C-H alifatik, C=O, dan C-N.
2. Hasil analisis kemometrika menggunakan PLS dalam analisis kuantitatif autentikasi halal dari bahan gelatin pada *sunscreen* dengan model kalibrasi pada bilangan gelombang didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9972 dan nilai RMSEC sebesar 2,07002%. Selain itu, hasil model validasi internal didapatkan nilai R^2 sebesar 0,9992 dan nilai RMSECV sebesar 0,7238%, serta hasil model validasi eksternal didapatkan nilai R^2 sebesar 0,9547 dan nilai RMSEP sebesar 1,5890%.
3. Hasil analisis kemometrika menggunakan PCA dalam mengelompokkan bahan gelatin halal dan non-halal pada *sunscreen* menunjukkan bahwa ada satu sampel yang plotnya satu kuadran dengan gelatin babi yaitu *sunscreen* AYR. Sedangkan kedua sampel lain tidak berada pada daerah gelatin babi maupun gelatin sapi, kemungkinan kedua sampel lain berasal dari gelatin lain.

B. Saran

1. Analisis dengan FTIR dapat digunakan untuk melihat profil komponen dari gelatin babi dan gelatin sapi, namun tidak dapat mengidentifikasi lebih spesifik senyawa protein dalam gelatin. Sehingga perlu dianalisis dengan instrumen lain seperti PCR.
2. Saat membuat sampel referensi, sebaiknya diusahakan semua bahan yang digunakan sama dengan sampel yang akan diuji.

DAFTAR PUSTAKA

- Alauhdin, M., Eden, W.T. and Alighiri, D., 2015, 'Aplikasi Spektroskopi Inframerah untuk Analisis Tanaman dan Obat Herbal', *Jurnal Inovasi Sains dan Kesehatan*, pp. 84–118. doi: <https://doi.org/10.15294/v0i0.15>
- Al-Nimry, S., Dayah, A.A., Hasan, I., and Rawand, D., 2021, 'Cosmetic, Biomedical and Pharmaceutical Applications of Fish Gelatin/Hydrolysates', *Marine Drugs*, 19(3). Available at: <https://doi.org/10.3390/MD19030145>.
- Asmiati, E., Atmadani, R.N., Damayanti, F.D. and Setiawan, R.A., 2021, 'Edukasi Pentingnya Penggunaan Sunscreen pada Kalangan Remaja di SMA Islam Sabilillah Malang' *Jurnal Pengabdian UNDIKMA: Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan kepada Masyarakat*, 2(2), pp.189-194. doi: <https://doi.org/10.33394/jpu.v2i2.4135>
- Cebi, N., Durak, M.Z., Toker, O.S., Sagdic, Osman., and Arici, Muhammet., 2016, 'An evaluation of Fourier transforms infrared spectroscopy method for the classification and discrimination of bovine, porcine and fish gelatins'. *pubmed.ncbi.nlm.nih.gov*, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.065>
- Fitri, A. A., 2022, 'Studi Pengujian Gugus Fungsi (FTIR) Biopolimer Dari Kulit Singkong Untuk Meningkatkan Viskositas Air Formasi Sebagai Bahan Alternatif Dalam Mengatasi Water Coning', *Skripsi*, Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Gasparrini, M., Forbes-Hernandez, T. Y., Afrin, S., Reboredo-Rodriguez, P., Cianciosi, D., Mezzetti, B., Quiles, J. L., Bompadre, S., Battino, M., & Giampieri, F., 2017, 'Strawberrybased cosmetic formulations protect human dermal fibroblasts against UVA-induced damage' *Nutrients*, 9(6), 2–15. <https://doi.org/10.3390/nu9060605>
- Gontijo, L. C., Guimarães, E., Mitsutake, H., De Santana, F. B., Santos, D. Q., & Neto, W. B., 2014, 'Development and validation of PLS models for quantification of biodiesels content from waste frying oil in diesel by HATR-MIR', *Revista Virtual de Quimica*, 6(5): 1517–1528. doi: <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20140098>
- Hasan, Haslinda., 2016, 'A Study On Awareness And Perception Towards Halal Foods Among Muslim Students In Kota Kinabalu, Sabah' *Proceedings of the Australia-Middle East Conference on Business and Social Sciences 2016, Dubai* (in partnership with The Journal of Developing Areas, Tennessee State University, USA).
- Hamid, A. H., Ahmad Fadzillah, N., Abdullah Sani, M. S., Muhammad, N. W. F., Othman, R., & Rohman, A., 2019, 'Discrimination of porcine and bovine gelatines based on reducing sugar types on maillard reaction' *Food Research*, 4(2), 301–306. doi: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(2\).297](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(2).297)
- He, hailun., Anqi, Li., Shiqin, Li., Jie, Tang., Li, Li., 2021, 'Natural components in sunscreens: Topical formulations with sun protection

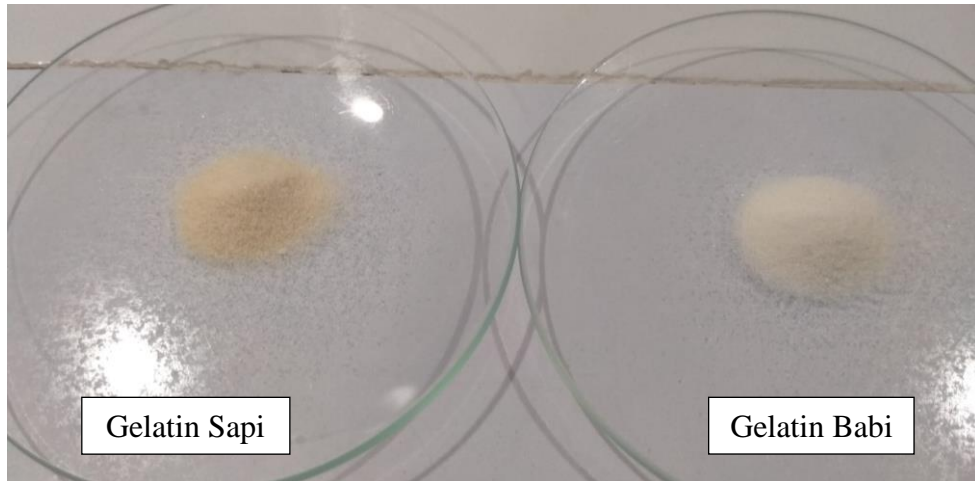
- factor (SPF)', *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 134(October 2020). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.111161>.
- Inayah, A., 2018, 'Analisis Kemometrik Menggunakan LDA (Linear Discriminant Analysis) dan PLS (Partial Least Square) dari Sampel Minyak Babi dan Minyak Sawit Berbasis Data FTIR' Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang
- Istiqlaal, S., 2018, 'Characteristics of Gelatin Produced Immersion of Tuna Bone in Lontar Vinegar from East Nusa Tenggara', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(3), 443. doi:<https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i3.24716>
- Jeevithan, E., Bao, B., Bu, Y., Zhou, Y., Zhao, Q., & Wu, W., 2014, 'Type II Collagen and Gelatin from Silvertip Shark (*Carcharhinus albimarginatus*) Cartilage: Isolation, Purification, Physicochemical and Antioxidant Properties' *Marine Drugs*, 12, 3852–3873. doi: <https://doi.org/10.3390/md12073852>
- Lopez, A.L., Penaloza, A.M., Juarez, V.M.M., Torres, A.P., Zeugolis, D.I., and Alvarez, G.A, 2019, 'Hydrolyzed Collagen-Sources and Applications', *PubMed*. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules24224031>
- Lorenza, P. N. F. P., Pandhita, A. K., Mahemba, D. N. R. P., Pede, A. P. N., Seran, T. D. G., Setyaningsih, D., & Riswanto, F. D. O. 2021. Review: Pemanfaatan Teknik Kemometrika Pengenalan Pola Pada Analisis Kuantitatif Senyawa Obat Kombinasi Tanpa Tahap Pemisahan' *MPI (Media Pharmaceutica Indonesiana)*, 3(4), 253–267. <https://doi.org/10.24123/mpj.v3i4.4719>
- Maulidiyah, N., Santoso, H. and Syauqi, A. 2020 'Analisis Perbandingan Kadar Protein Telur Itik (Khaki campbell) Sebelum dan Sesudah Perendaman dengan Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) pada Pengasinan', *Jurnal SAINS ALAMI (Known Nature)*, 2(2), pp. 14–21. Available at: <https://doi.org/10.33474/j.sa.v2i2.3524>
- Meilina, R., Dewi, R., Kesumawati., Kulla, P.D.K., and Rezeki, S., 2023, 'Formulasi Sediaan Tabir Surya Ekstrak Daun Seledri (*Apium graveolens* L.) Sunscreen Preparation Formulation *Apium graveolens* L. Leaf Extract', *Journal of Healthcare Technology and Medicine*, 9(1), pp. 2615–109.
- Musafar Hameed, L. B., and Abdullah, M., 2015, 'World Academic and Research Congress 2015' (World-AR 2015) ArRahim Hall, YARSI University, Jakarta, Indonesia, 9th – 10th December 2015, World Academic and Research Congress, 2015(December), 207–214.
- Minerva, P., 2019, 'Penggunaan Tabir Surya Bagi Kesehatan Kulit', *Jurnal Pendidikan Dan Keluarga*, 11(1), p. 87. Available at: <https://doi.org/10.24036/jpk/vol11-iss1/619>
- Natoen, A., Sopiyan, AR., Satriawan, I., and Periansya., 2018, 'Faktor-Faktor Demografi Yang Berdampak Terhadap Kepatuhan Wajib Pajak Badan

- (UMKM) Di Kota Palembang’, *Jurnal Riset Terapan Akuntansi*, 2(2), pp. 101–115. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3839943>
- Noor, Lina Yusrina., 2018, ‘Deteksi Kontaminan Babi Pada Produk Kernet Sapi Menggunakan Spektroskopi Fourier Transform Infrared (Ftir) Dan Kemometrik’. Bachelor thesis, Universitas Muhammadiyah Purwokerto. <https://repository.ump.ac.id:80/id/eprint/10369>
- Pavia, D.L., Lampman, G.M., Kriz, G.S., and Vyvyan, J.R., 2009, ‘Introduction to Spectroscopy’ Fourth Edition’ Department of Chemistry, Western Washington University, Bellingham, Washington.
- Putri, Y.D., Kartamihardja, H. and Lisna, I., 2019, ‘Formulasi dan Evaluasi Losion Tabir Surya Ekstrak Daun Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni M*)’, 6(1), pp. 32–36. doi: <https://doi.org/10.25077/jsfk.6.1.32-36.2019>
- Rafifasha, Tamira Naila., 2022, ‘Persepsi dan Preferensi Konsumen Kosmetik Halal’, *Bandung Conference Series: Economics Studies*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.29313/bcses.v2i2.4643>
- Rahayuningsih, E. and Ghozali, M.L., 2021, ‘Halal Product Certification in Masalah Mursalah Perspective’, *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 7(1), pp. 135–145.
- Rahmawati, A., Kuswandi, B. and Retnaningtyas, Y., 2015, ‘Deteksi Gelatin Babi pada Sampel Permen Lunak Jelly Menggunakan Metode Fourier Transform Infra Red (FTIR) dan Kemometrik’, *e-Jurnal Pustaka Kesehatan*, 3(2), pp. 278–283. doi: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JPK/article/view/2586>
- Ratnasari, D., Septiani, D. and Rahmawati, D.S., 2023, ‘Formulasi Dan Pengujian Nilai Spf Losion Ekstrak Etanol Batang Cendana (Santalum Album L .)’, 3, pp. 7816–7834. doi: <https://doi.org/10.31004/innovative.v3i4.4542>
- Rohman, A., Ghazali, M.A.B., Windarsih, A., Irnawati., Riyanto, S., Yusof, F.M., and Mustafa, S., 2020, ‘Comprehensive Review on Application of FTIR Spectroscopy Coupled with Chemometrics for Authentication Analysis of Fats and Oils in the Food Products’, *Molecules*, 25(5485), pp. 1–28. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules25225485>
- Rohman, A., 2014, ‘Spektroskopi Inframerah dan Kemometrika untuk Analisis Farmasi’, *Pustaka Pelajar*, Yogyakarta.
- Ruby, R., Figueroa., 2015, ‘Partial Least Square (regression)’. [0.1007/978-3-642-40872-4_2000-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40872-4_2000-1)
- Sahubawa, Latif and Ustadi., 2014, “Teknologi Pengawetan dan Pengolahan Hasil Perikanan”. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Salamah, N., Fatmawati, A. and 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), p. 239. Available at: <https://doi.org/10.35814/jifi.v21i2.1486>
- Sanjiwani, N.M.S., Paramitha, D.A.I., and Wibawa, A.A.C, 2020, ‘Pembuatan Hair Tonic Berbahan Dasar Lidah Buaya Dananalisis

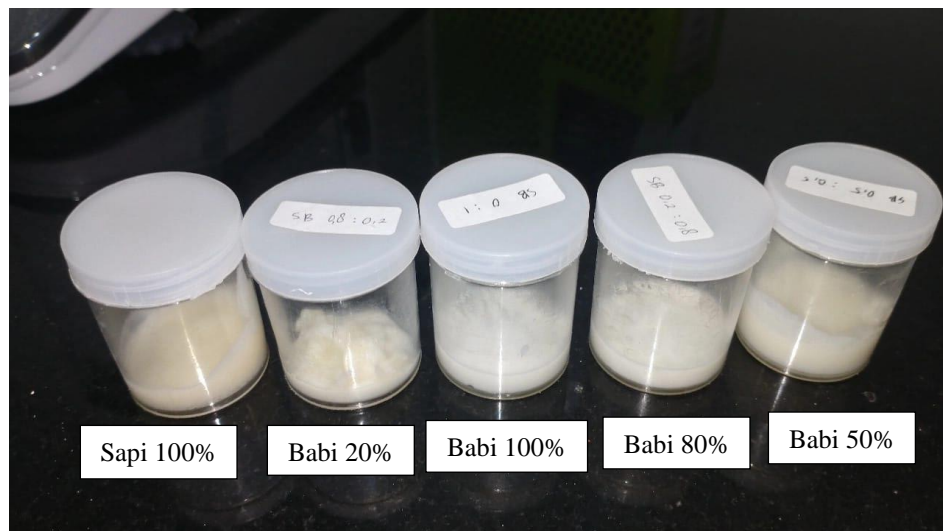
- Dengan Fourier Transform Infrared’, *Jurnal Widyadari*, 21(1), pp. 249–262. Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3756902>
- Sara, N., 2014, ‘Pengaruh Jenis Bahan Dan Waktu Degreasing Terhadap Kualitas Dan Kuantitas Gelatin Tulang Ayam’. Makassar: Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin.
- Sari, N.W., Fajri, M.Y. and Wilapangga, A., 2018, ‘Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa acuminata* (L))’, *Ijobb*, 2(1), p. 31. doi: <https://doi.org/10.47007/ijobb.v2i1.26>
- Sopa., 2013, ‘Sertifikasi Halal Mejelis Ulama Indonesia Studi atas Fatwa Halal MUI terhadap Produk Makanan, Obat-obatan dan Kosmetika’ Jakarta: Gaung Persada Press Group.
- Syafiqoh, Fatimah., 2014, ‘Analisis Gelatin Sapi dan Gelatin Babi Pada Produk Cangkang Kapsul Keras Obat dan KCKT’. Skripsi. Jakarta: Fakultas Farmasi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- Tazwir, T., Ayudiarti, D.L. and Peranginangin, R., 2014, ‘Optimasi Pembuatan Gelatin dari Tulang Ikan Kaci-Kaci (*Plectorhynchus chaetodonoides* Lac.) Menggunakan Berbagai Konsentrasi Asam dan Waktu Ekstraksi’, *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 2(1), p. 35. Available at: <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v2i1.26>
- Uddin, S.M.K., Hossai, M.A.M., Sagadevan, S., Amin, M. and Johan, M.R., 2021. ‘Halal and Kosher gelatin: Applications as well as detection approaches with challenges and prospects’ *Food Bioscience*. Volume 44, Part A. Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101422>
- Utami, and Wahyu Budi. 2013. ‘Pengaruh Label Halal Terhadap Keputusan Membelian (Survei Pada Pembeli Produk Kosmetik Wardah di Outlet Wardah Griya Muslim An-Nisa Yogyakarta)’. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Ilmu Sosial dan Humaniora UIN Sunan Kalijaga
- Widyastuti, I., Luthfah, h.z., Hartono, Y.I., Islamadina, R., Can, T.A., and Rohman, A., 2021, ‘Antioxidant Activity of Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) and its Classification with Chemometrics’, *Indonesian Journal of Chemometrics and Pharmaceutical Analysis*, 02(1), p. 29. Available at: <https://doi.org/10.22146/ijcpa.507>
- Wulandari, D., and Monica, R.E., 2017, ‘Pembuatan Masker Wajah Peel Off Berbasis Gelatin Dari Sisik Ikan Kakap Merah Dengan Metode Hidrolisis’, pp. 108. doi: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/45144>
- Zilhadia, Z., Kusumaningrum, F., Ofa, S.B., and Supandi., 2018, ‘Diferensiasi Gelatin Sapi dan Gelatin Babi pada Gummy Vitamin C Menggunakan Metode Kombinasi Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Principal Component Analysis (PCA)’, *Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(2), pp. 90–96. Available at: <https://doi.org/10.7454/psr.v5i2.4013>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Organoleptis Gelatin Sapi dan Gelatin Babi



Lampiran 2. Sampel *Sunscreen* yang dijual di *shopee* dan *sunscreen* referensi



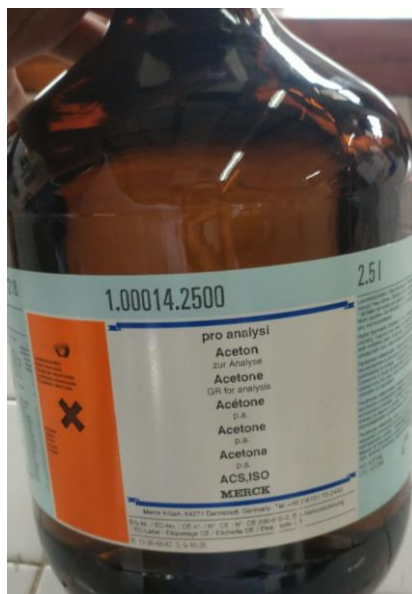
Lampiran 3. Proses Isolasi



Penimbangan sampel *sunscreen* maupun *sunscreen* referensi



Pemanasan aquadest hingga suhu 60°C dan dilakukan pelarutan



Penambahan aseton -20°C



Di *vortex* selama 5 menit



Simpan dalam *freezer* selama 24 jam



Endapan yang diperoleh dikeringkan

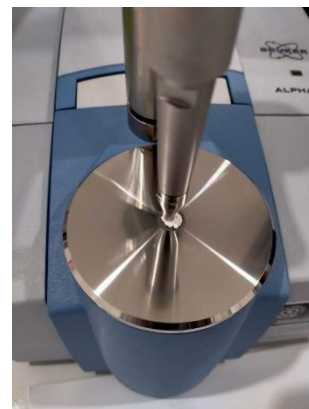
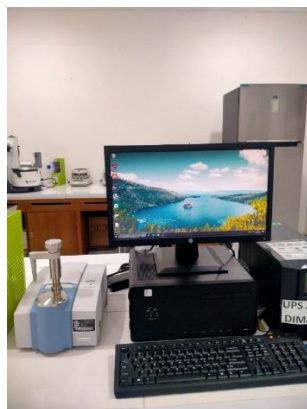


Sebelum dimasukkan ke oven ditutup dengan aluminium foil yang telah dilubangi



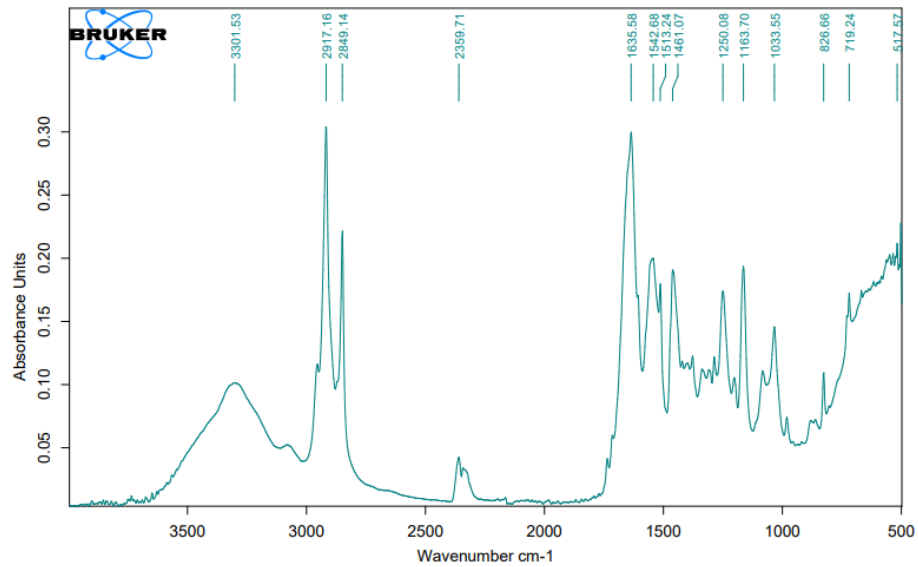
Hasil endapan yang diperoleh dibaca di spektrofotometer FTIR

Lampiran 4. Analisis menggunakan FTIR



Lampiran 5. Hasil *Output* Spektra FTIR Gelatin Babi Referensi 100%

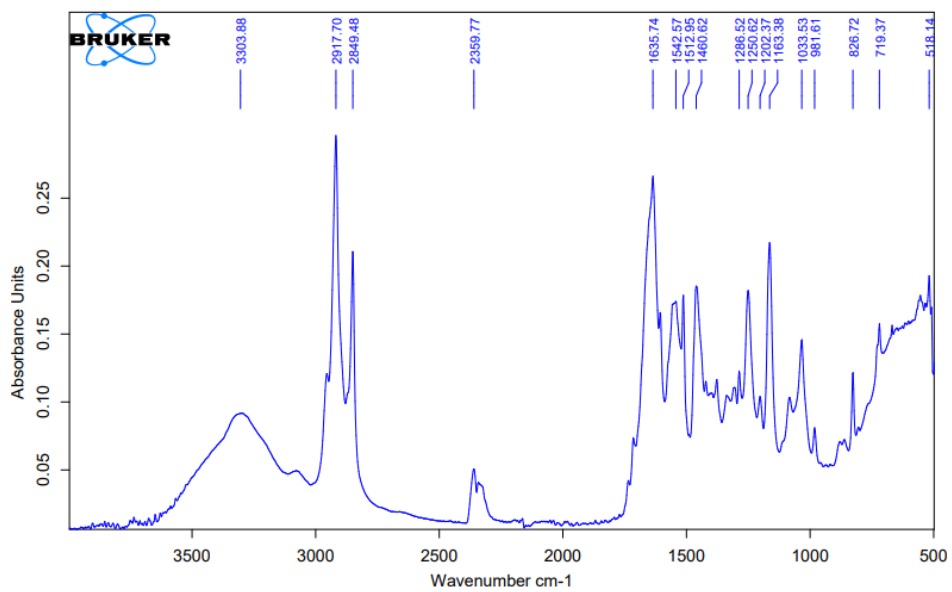
Spektra FTIR Gelatin Babi 100% Replikasi 1



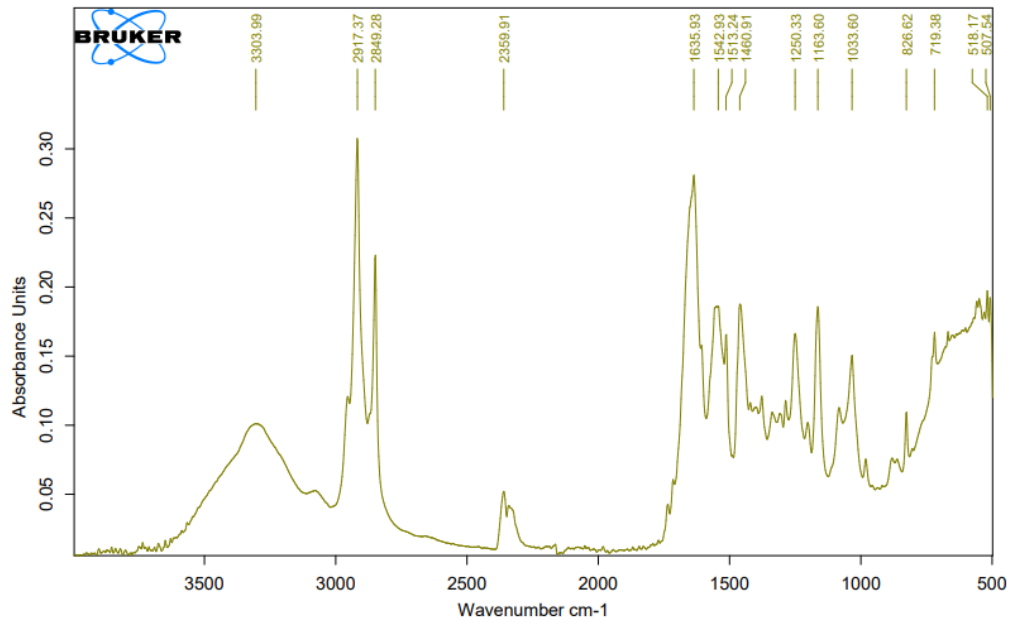
C:\Users\HP\Documents\Bruker\OPUS_8.7.31\DATA\MEAS\Babi 100%.0 Babi 100% Instrument type and / or accessory 18-Mar-24

Page 1/1

Spektra FTIR Gelatin Babi 100% Replikasi 2

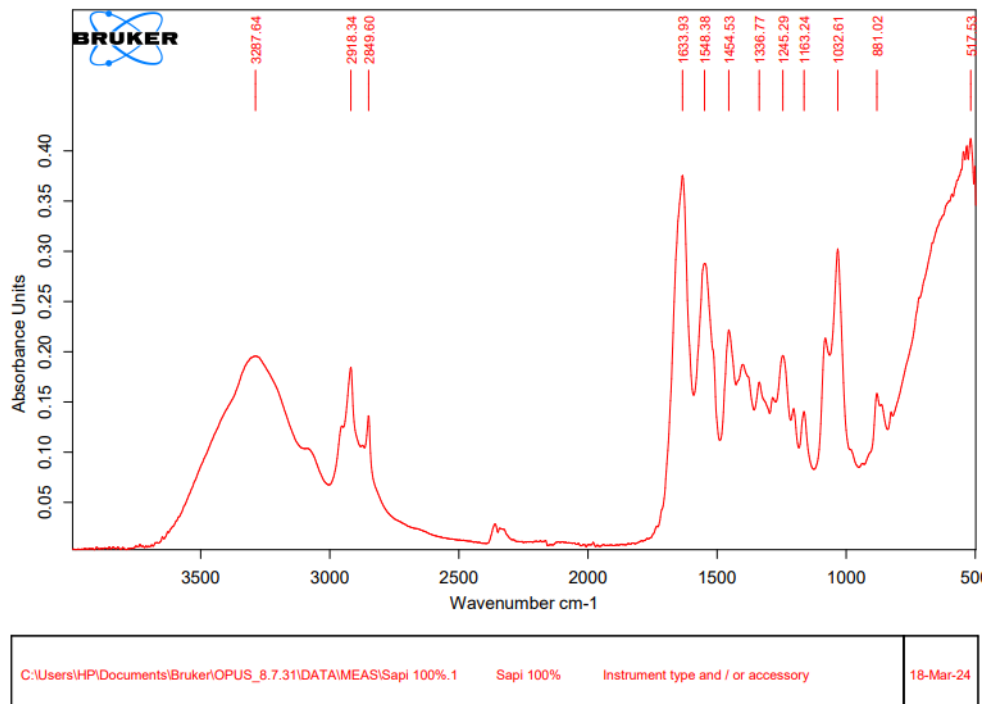


Spektra FTIR Gelatin Babi 100% Replikasi 3

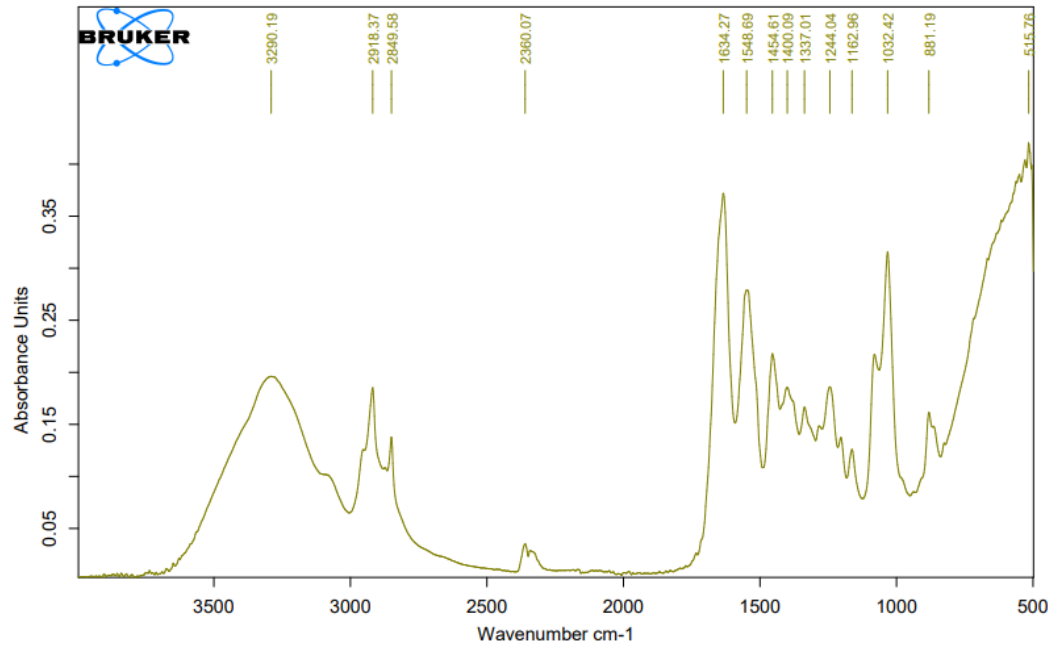


Lampiran 6. Hasil *Output* Spektra FTIR Gelatin Sapi Referensi 100%

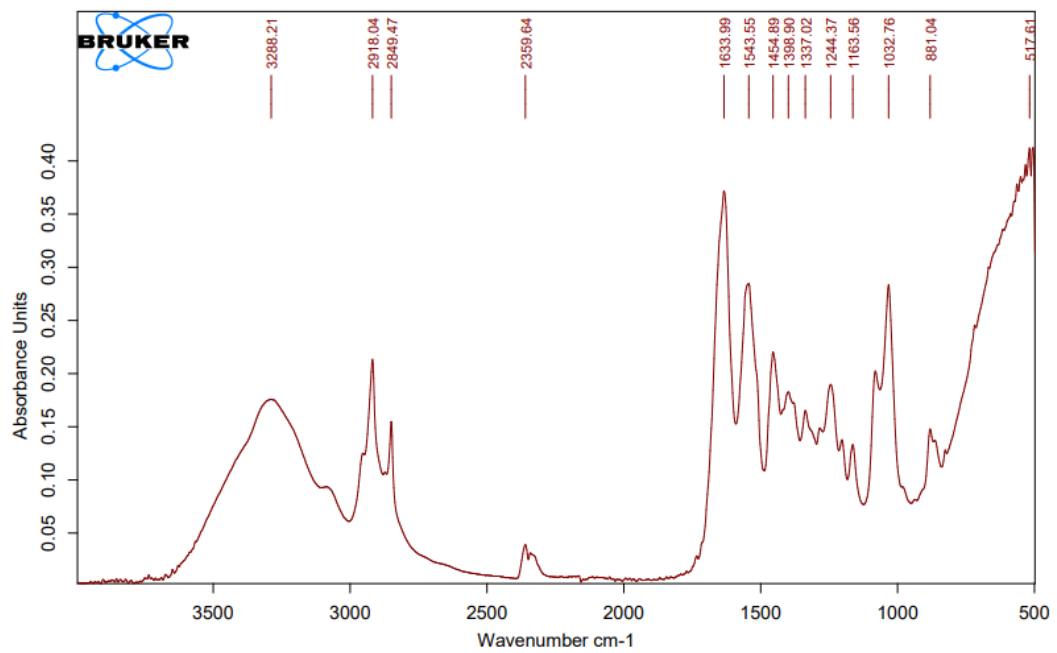
Spektra FTIR Gelatin Sapi 100% Replikasi 1



Spektra FTIR Gelatin Sapi 100% Replikasi 2

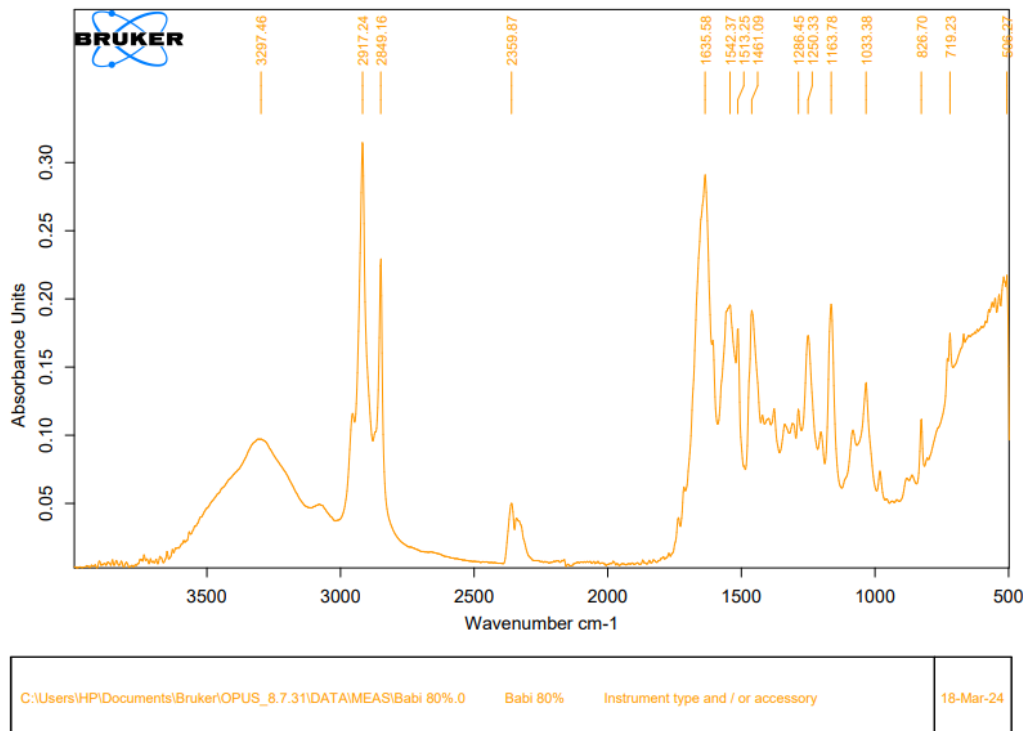


Spektra FTIR Gelatin Sapi 100% Replikasi 3



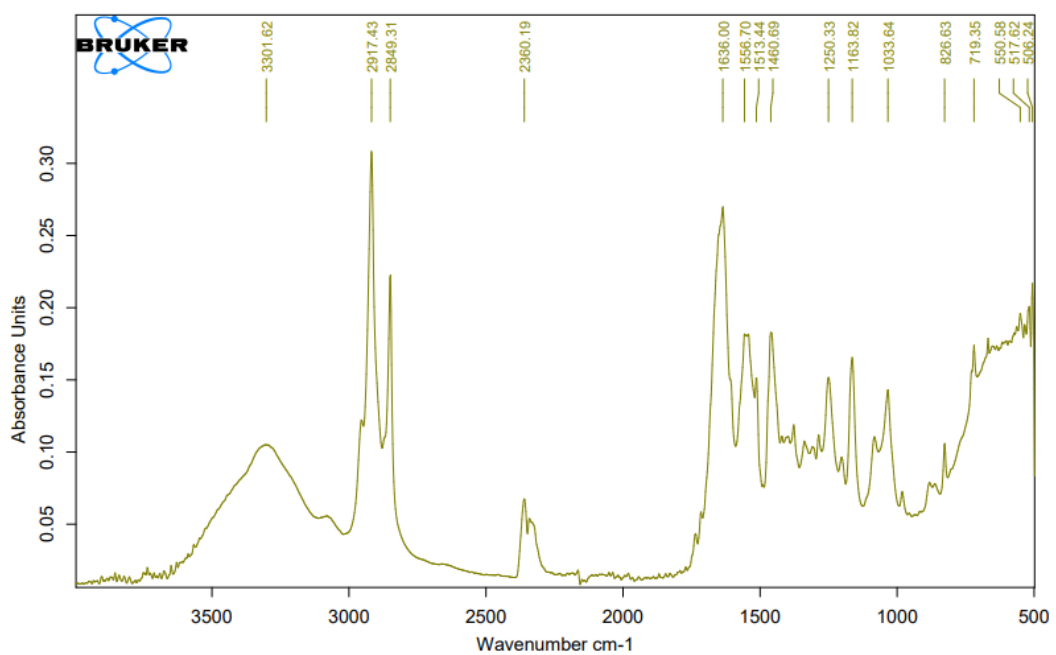
Lampiran 7. Hasil *Output* Spektra FTIR Gelatin Babi Referensi 80%

Spektra FTIR Gelatin Sapi 80% Replikasi 1

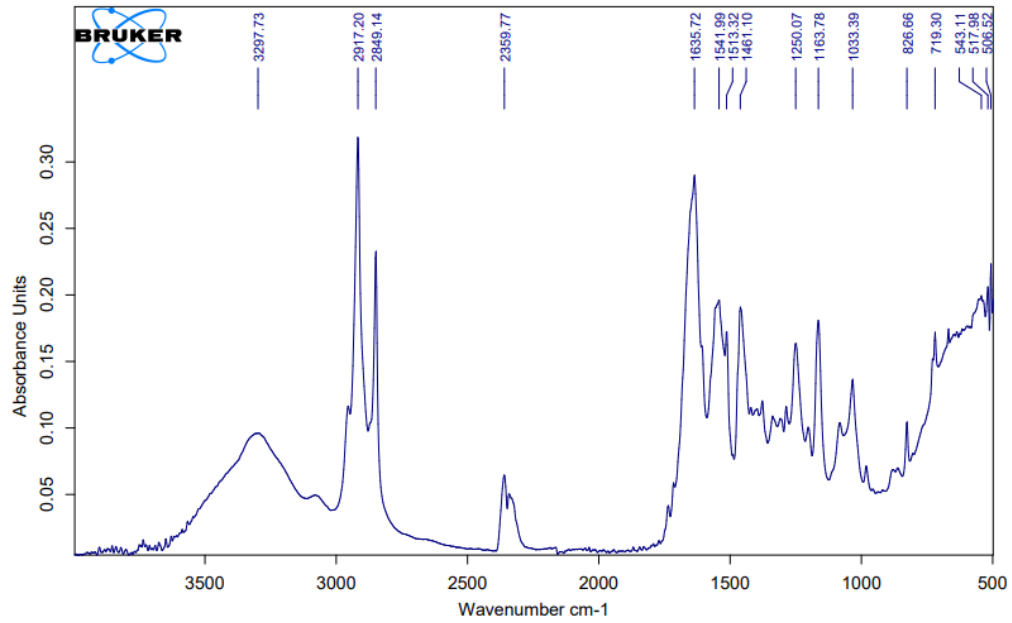


Page 1/1

Spektra FTIR Gelatin Sapi 80% Replikasi 2

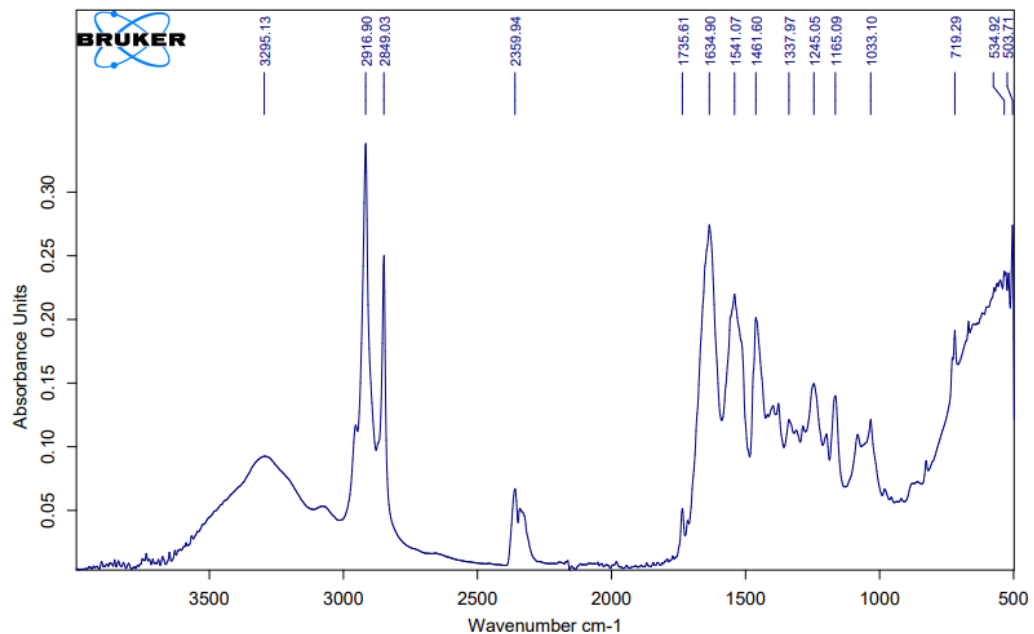


Spektra FTIR Gelatin Sapi 80% Replikasi 3

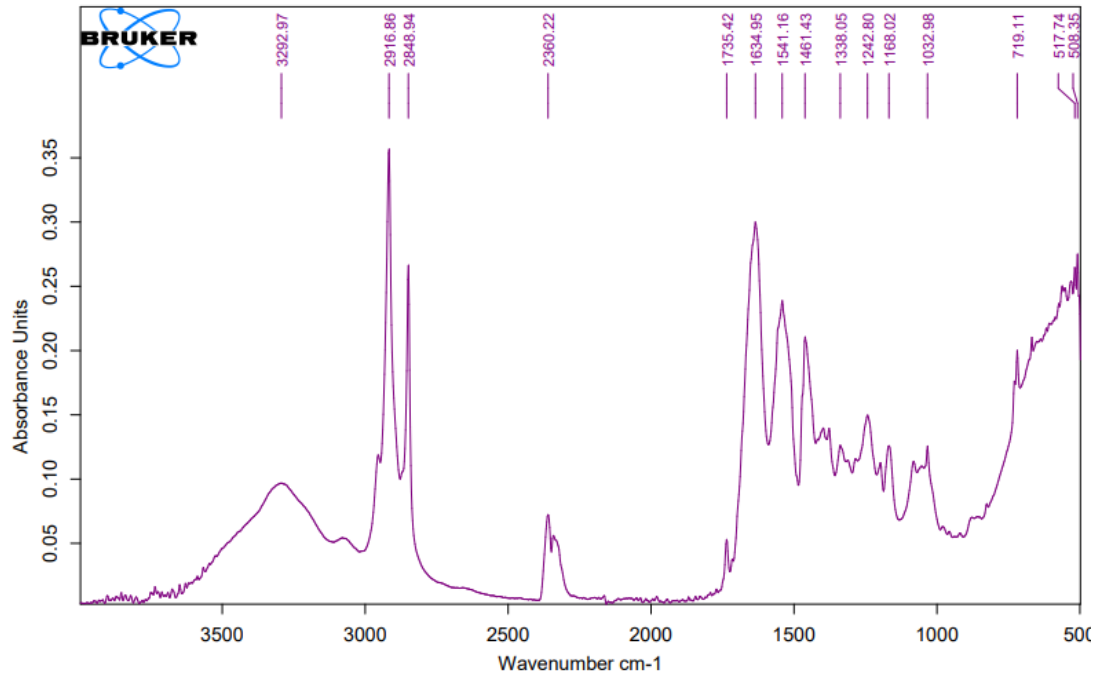


Lampiran 8. Hasil *Output* Spektra FTIR Gelatin Babi Referensi 50%

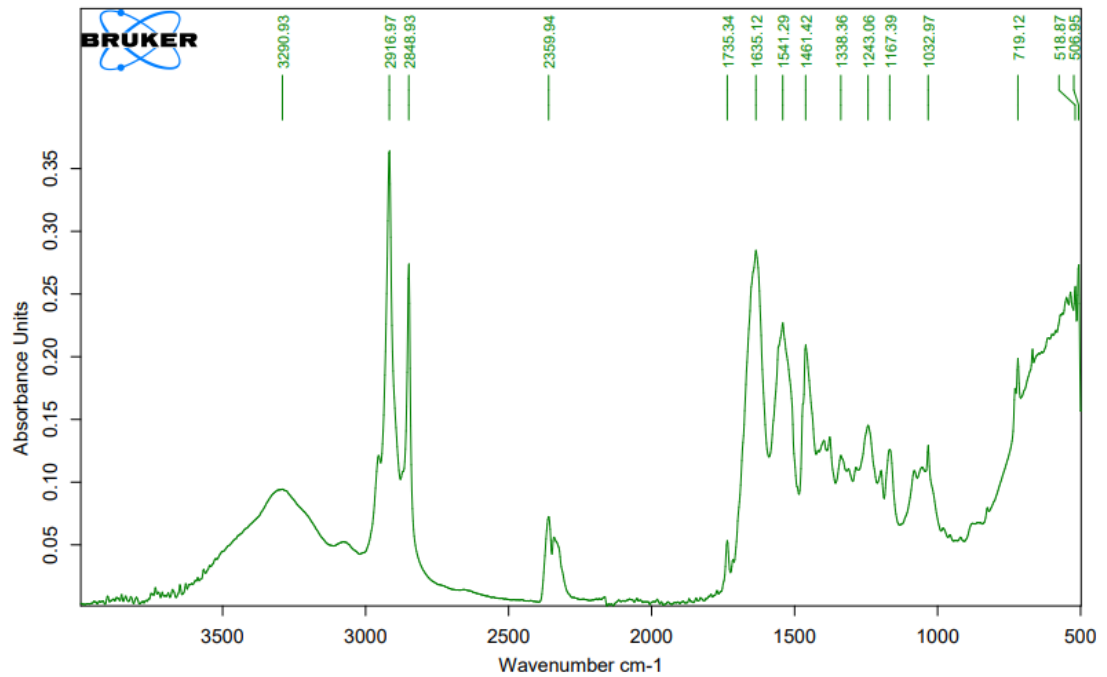
Spektra FTIR Gelatin Sapi 50% Replikasi 1



Spektra FTIR Gelatin Sapi 50% Replikasi 2

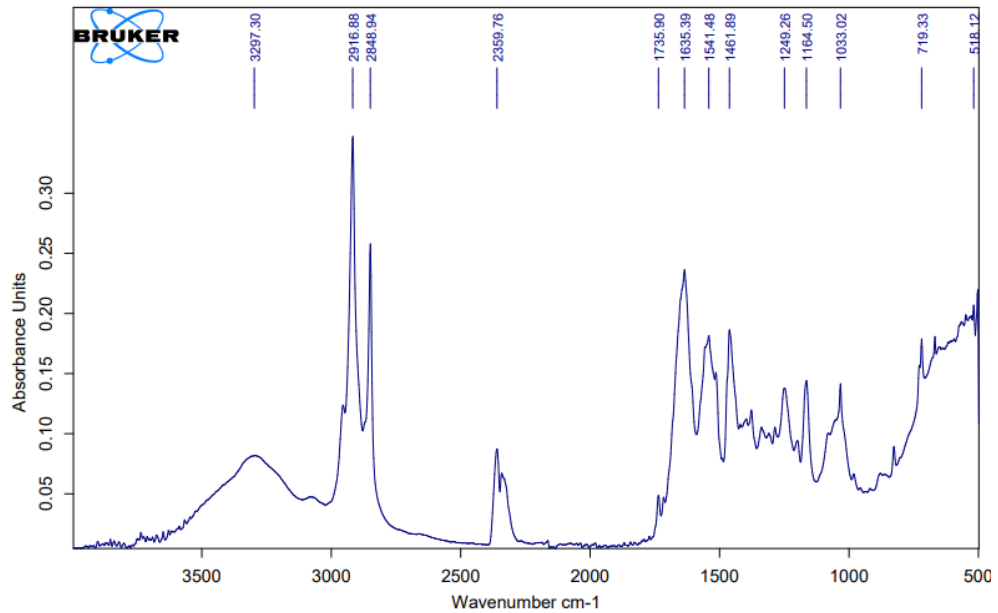


Spektra FTIR Gelatin Sapi 50% Replikasi 3



Lampiran 9. Hasil *Output* Spektra FTIR Gelatin Babi Referensi 20%

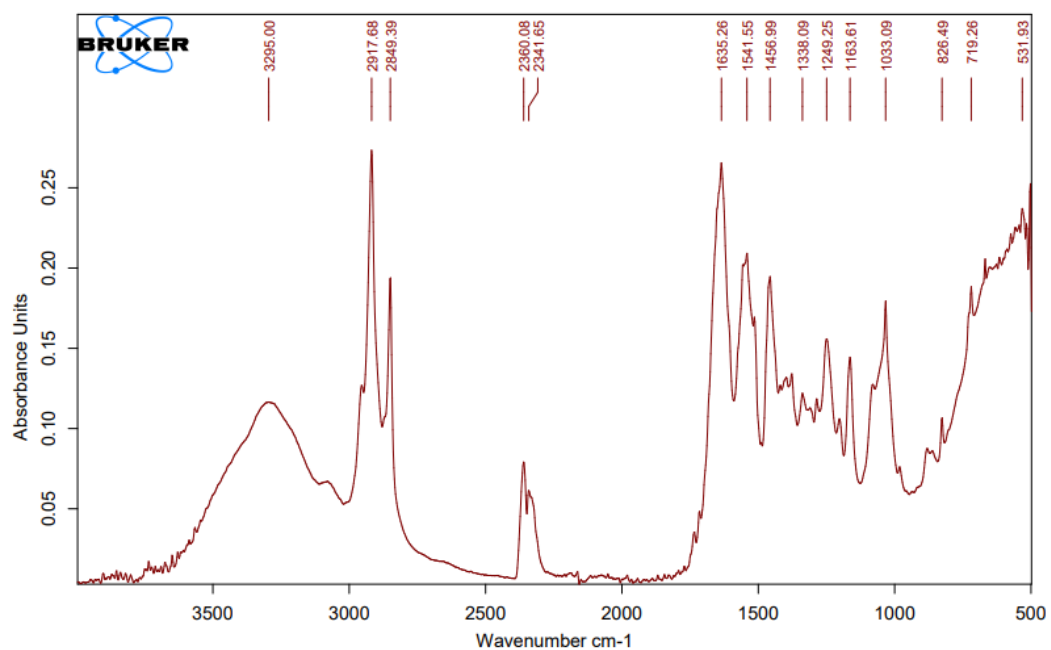
Spektra FTIR Gelatin Sapi 20% Replikasi 1



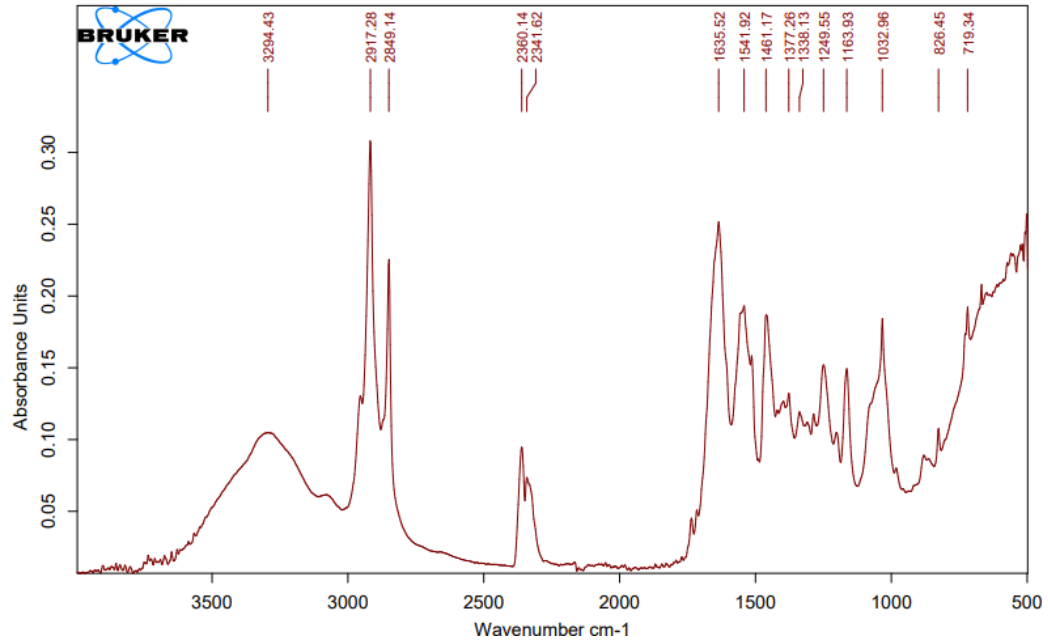
C:\Users\HP\Documents\Bruker\OPUS_8.7.31\DATA\MEAS\Babi 20% Rep 1.1 Babi 20% Rep 1 Instrument type and / or accessory 18-Mar-24

Page 1/1

Spektra FTIR Gelatin Sapi 20% Replikasi 2

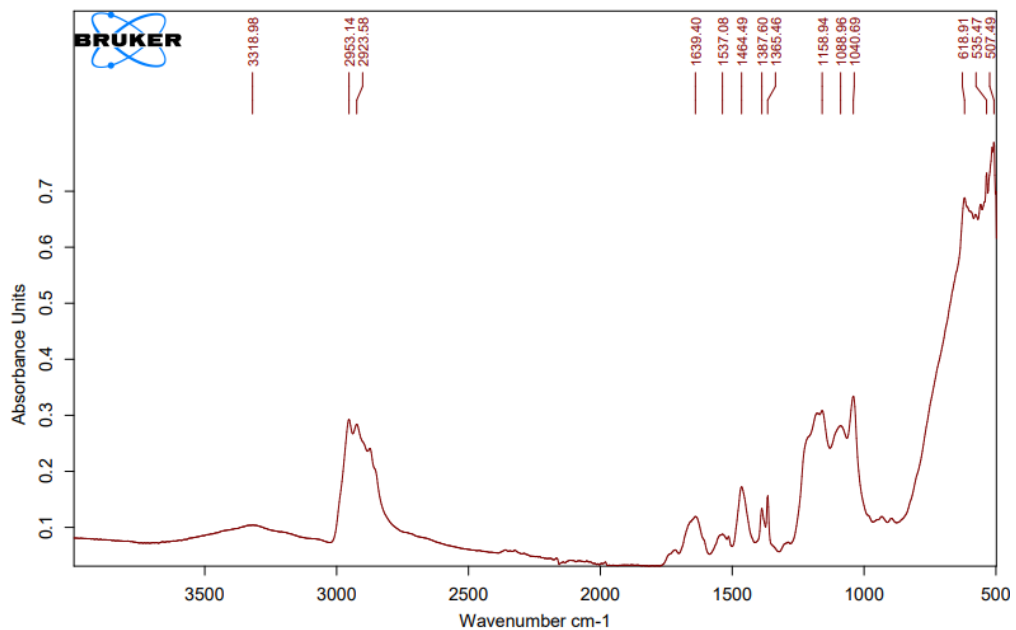


Spektra FTIR Gelatin Sapi 20% Replikasi 3

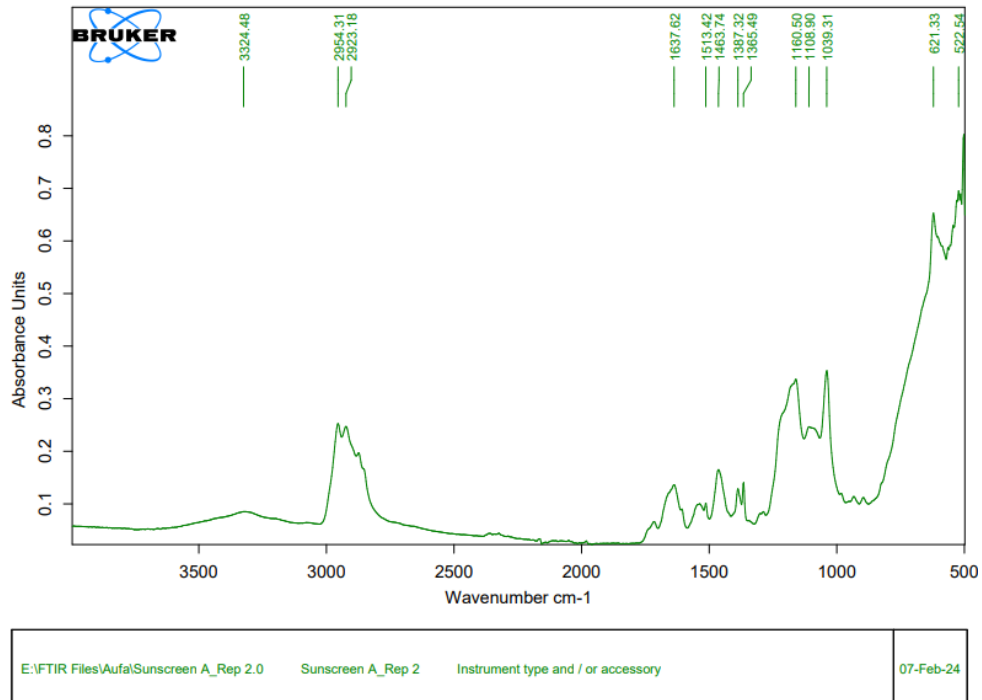


Lampiran 10. Hasil *Output* Spektra FTIR Pada Sampel *Sunscreen* KJC

Spektra FTIR Gelatin *Sunscreen* KJC Replikasi 1

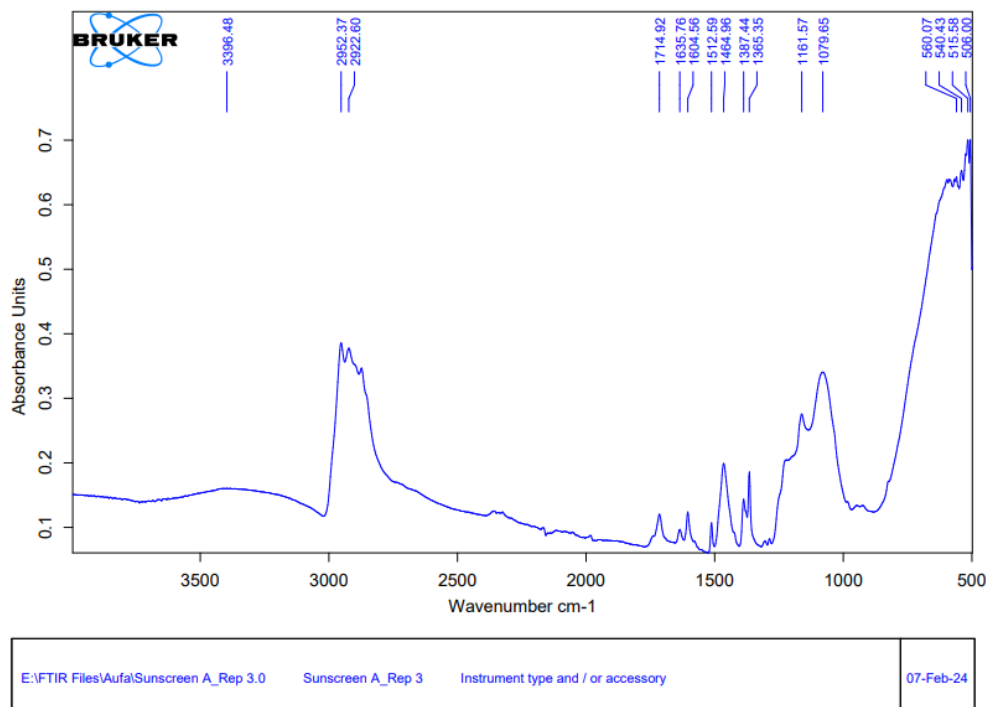


Spektra FTIR Gelatin *Sunscreen* KJC Replikasi 2

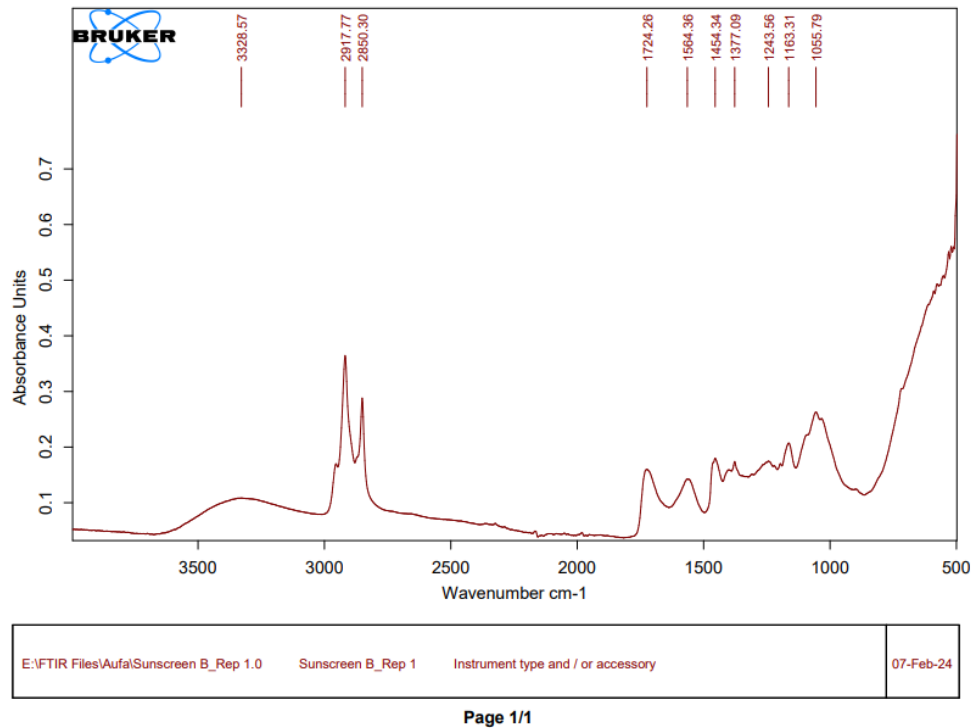
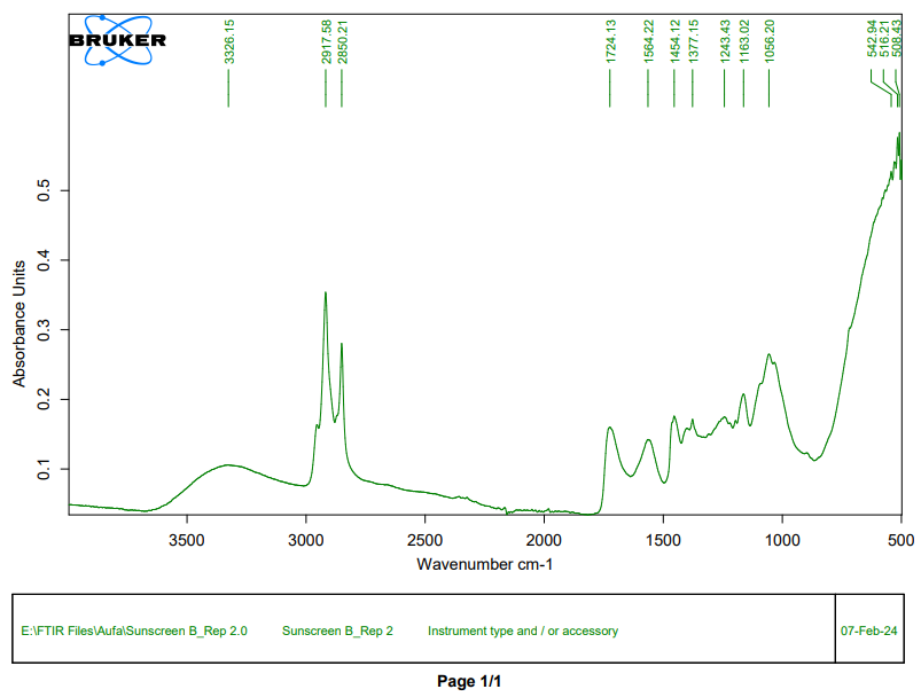


Page 1/1

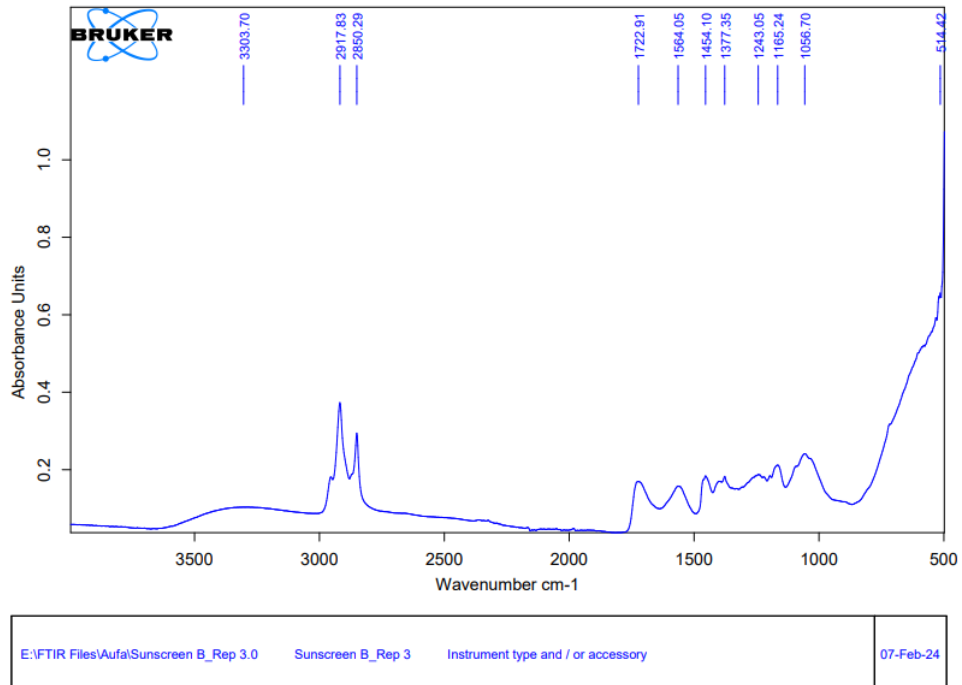
Spektra FTIR Gelatin *Sunscreen* KJC Replikasi 3



Page 1/1

Lampiran 11. Hasil *Output* Spektra FTIR Pada Sampel *Sunscreen 3WC*Spektra FTIR Gelatin *Sunscreen 3WC* Replikasi 1Spektra FTIR Gelatin *Sunscreen 3WC* Replikasi 2

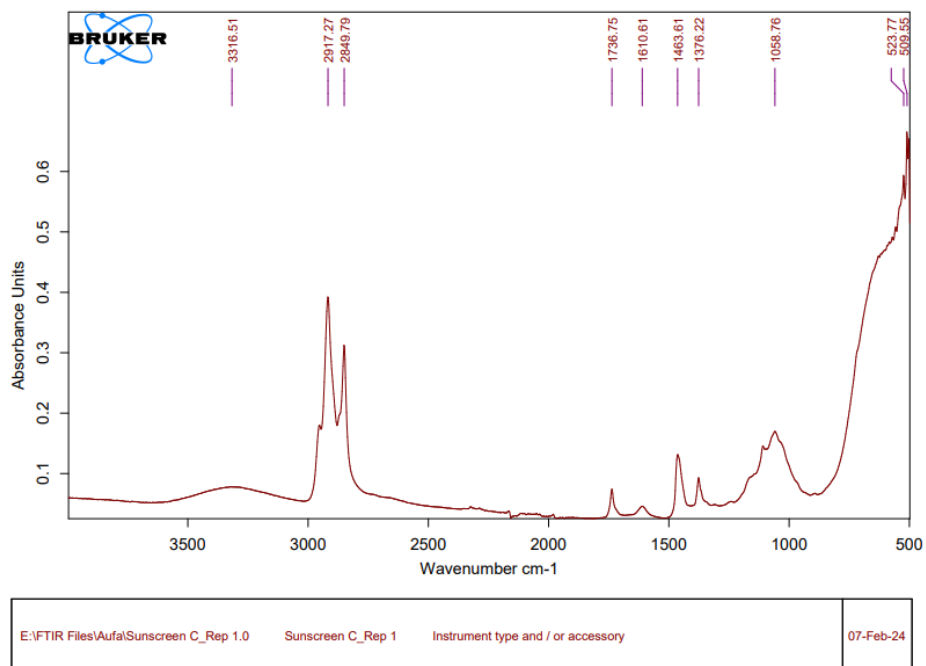
Spektra FTIR Gelatin *Sunscreen* 3WC Replikasi 3



Page 1/1

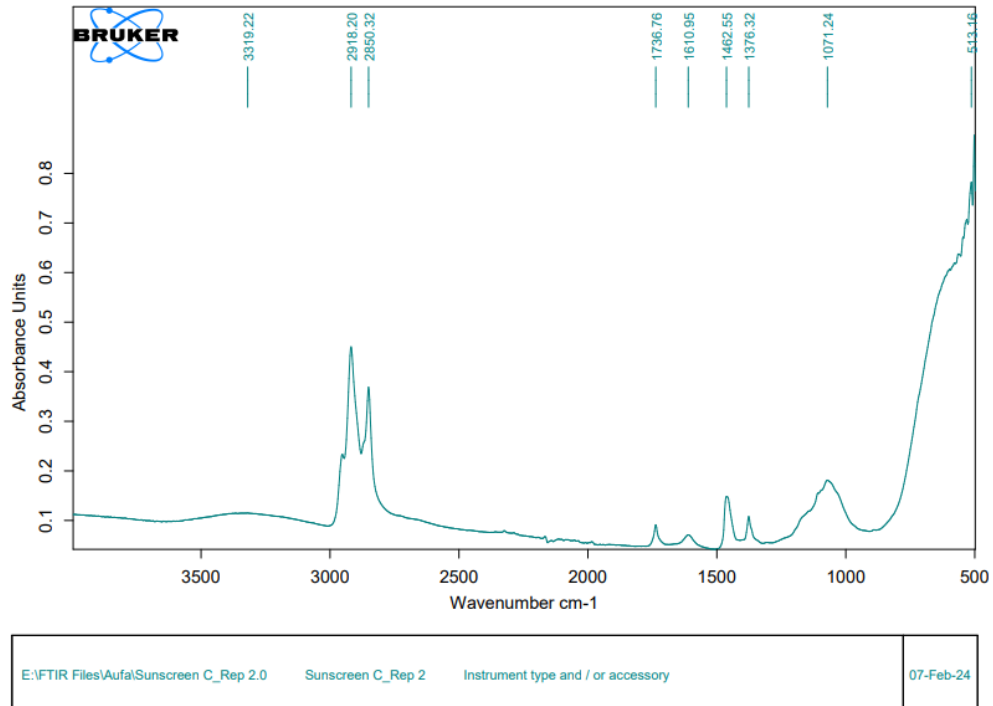
Lampiran 12. Hasil *Output* Spektra FTIR Pada Sampel *Sunscreen* AYR

Spektra FTIR Gelatin *Sunscreen* AYR Replikasi 1



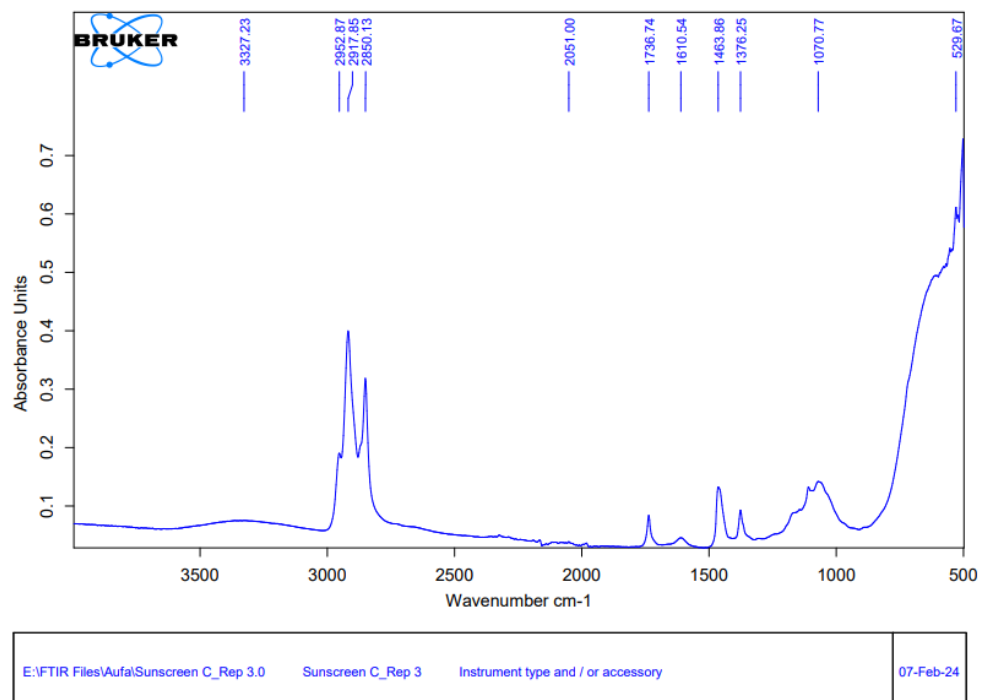
Page 1/1

Spektra FTIR Gelatin *Sunscreen* AYR Replikasi 2

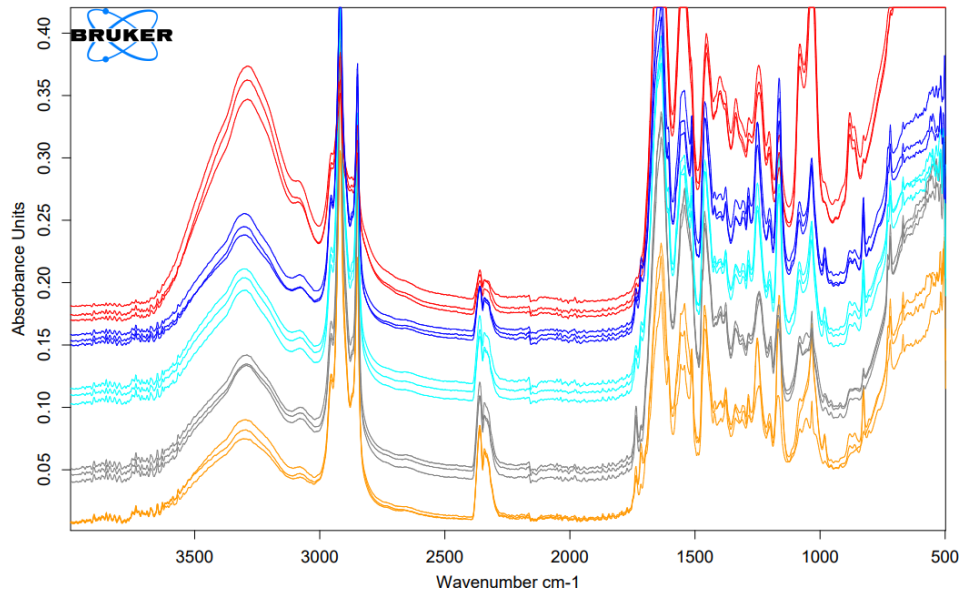
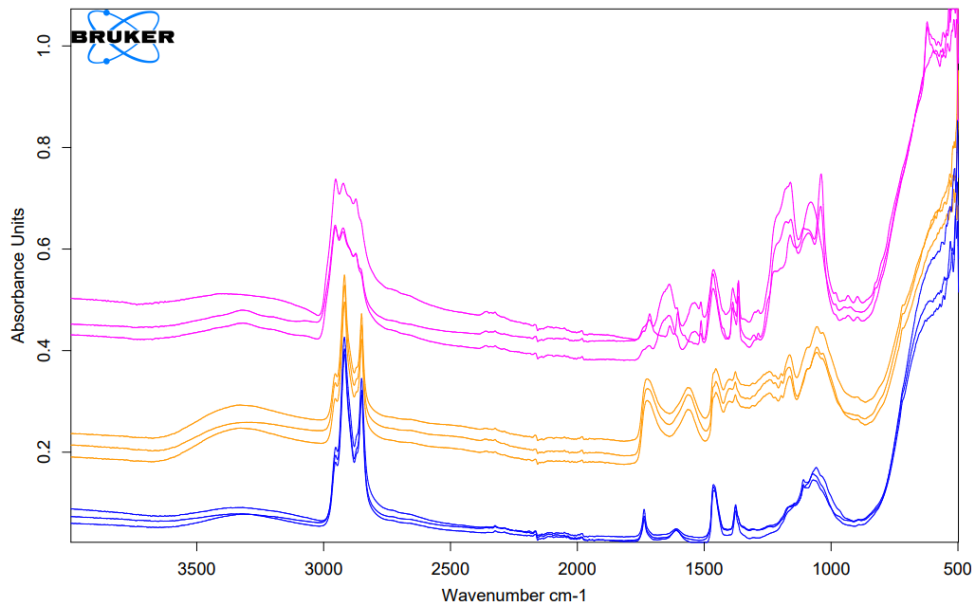


Page 1/1

Spektra FTIR Gelatin *Sunscreen* AYR Replikasi 3



Page 1/1

Lampiran 13. *Lay Out* Gabungan Hasil Spektra FTIR Pada Sampel ReferensiLampiran 14. *Lay Out* Gabungan Hasil Spektra FTIR Pada Sampel Sunscreen

Lampiran 15. Optimasi Bilangan Gelombang

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	R ²	Persamaan Regresi	RMSEC (%)
1635 - 1401	0,9697	$y = 0,9685x + 1,5764$	6,777863
1635 - 1547	0,9427	$y = 0,9486x + 2,5714$	8,65655
1543 - 1336	0,9665	$y = 0,9621x + 1,8968$	7,43495
1461 - 1340	0,9972	$y = 0,9971x + 0,1471$	2,07002
1461 - 1286	0,9914	$y = 0,9925x + 0,376$	3,3100859
1338 - 1241	0,8312	$y = 0,8517x + 7,4158$	14,73024
1032 - 881	0,9325	$y = 0,9357x + 3,2171$	9,68281

Lampiran 16. Hasil Kalibrasi dengan PLS Pada Bilangan Gelombang 1461–1340 cm⁻¹

Kadar	<i>Fits</i>	<i>Fits (pred)</i>	<i>Res</i>	<i>Res</i> ²
100	97,182	95,497	2,81831	7,942871
100	97,095	97,564	2,90472	8,437398
100	102,568	102,227	-2,568	6,594624
	84,213	89,98	-4,21309	17,75013
80	79,21	65,153	0,7898	0,623784
80	80,066	80,19	-0,06605	0,004363
50	49,939	49,379	0,06052	0,003663
50	51,381	51,55	-1,38088	1,90683
50	47,83	43,946	2,16999	4,708857
20	19,644	29,517	0,35616	0,12685
20	20,916	41,792	-0,91589	0,838854
20	20,383	19,601	-0,38263	0,146406
0	2,484	8,376	-2,484	6,170256
0	-0,957	-3,519	0,95674	0,915351
0	-1,954	-6,809	1,9543	3,819288
			SUM Res ²	59,98952
			RMSEC	2,070016

Nilai Sebenarnya	Nilai Prediksi
100	97,182
100	97,095
100	102,568
80	84,213
80	79,21
80	80,066
50	49,939
50	51,381
50	47,83
20	19,644
20	20,916
20	20,383
0	2,484
0	-0,957
0	-1,954

Lampiran 17. Hasil Validasi Internal Bilangan Gelombang dengan PLS

Kadar	Fits	Fits (pred)	Co-Cv	SECV (PRESS)
100	102,568	102,227	0,341	0,116281
80	80,066	80,19	-0,124	0,015376
50	51,381	51,55	-0,169	0,028561
20	20,383	19,601	0,782	0,611524
0	-0,957	-3,519	2,562	6,563844
			SUM SECV	7,335586
			RMSECV	0,723858

Nilai Sebenarnya	Nilai Prediksi
100	102,227
80	80,19
50	51,55
20	19,601
0	-3,519

Lampiran 18. Hasil Validasi Eksternal Bilangan Gelombang dengan PLS

Aktual (Co)	Prediksi (Cp)	Co-Cp	PRESS
100	91,157	8,843	78,19865
100	86,648	13,352	178,2759
100	85,987	14,013	196,3642
80	68,433	11,567	133,7955
50	48,135	1,865	3,478225
50	44,024	5,976	35,71258
0	25,647	-25,647	657,7686
			58,0764
		RMSEP	1,589044011

Nilai Sebenarnya	Nilai Prediksi
100	91,157
100	86,648
100	85,987
80	68,433
50	48,135
50	44,024
0	25,647

Lampiran 19. Hasil Analisis PCA Berupa *Eigenanalysis of the Covariance Matrix*

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue 54.658 3.040 2.059 0.171 0.059 0.006 0.003 0.002 0.000 0.000 0.000
 Proportion 0.911 0.051 0.034 0.003 0.001 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 Cumulative 0.911 0.962 0.996 0.999 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000

Eigenvalue 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 Proportion 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 Cumulative 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000

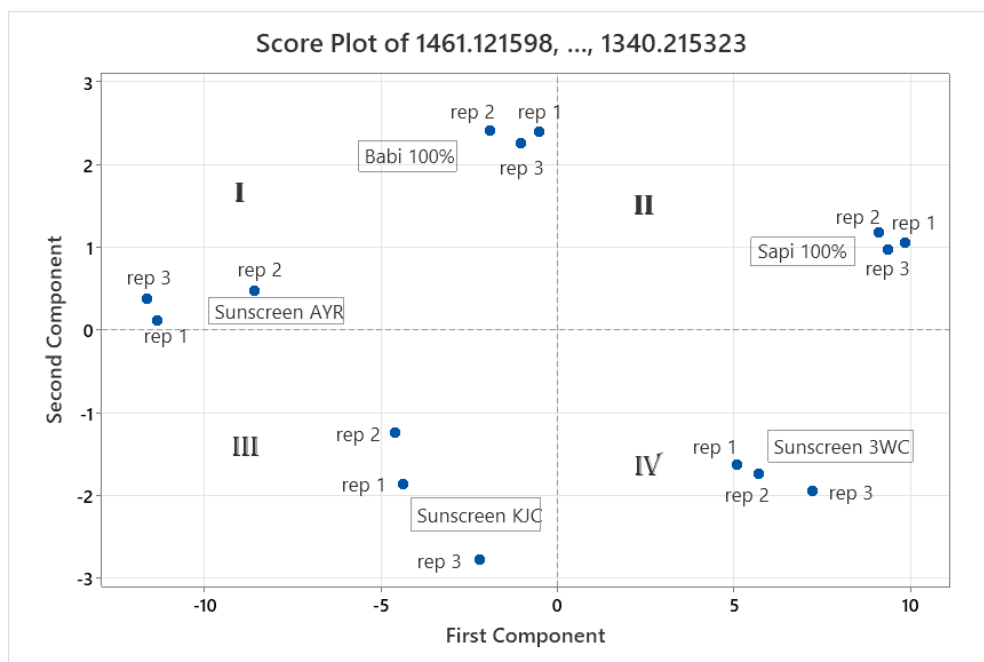
Eigenvalue 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 Proportion 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 Cumulative 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000

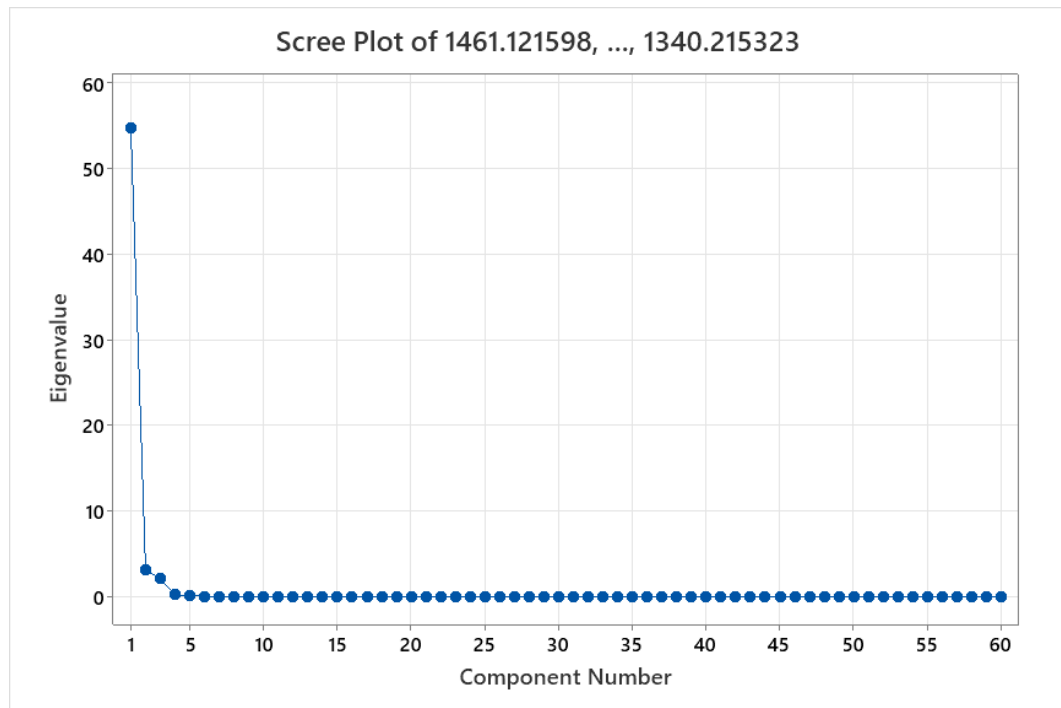
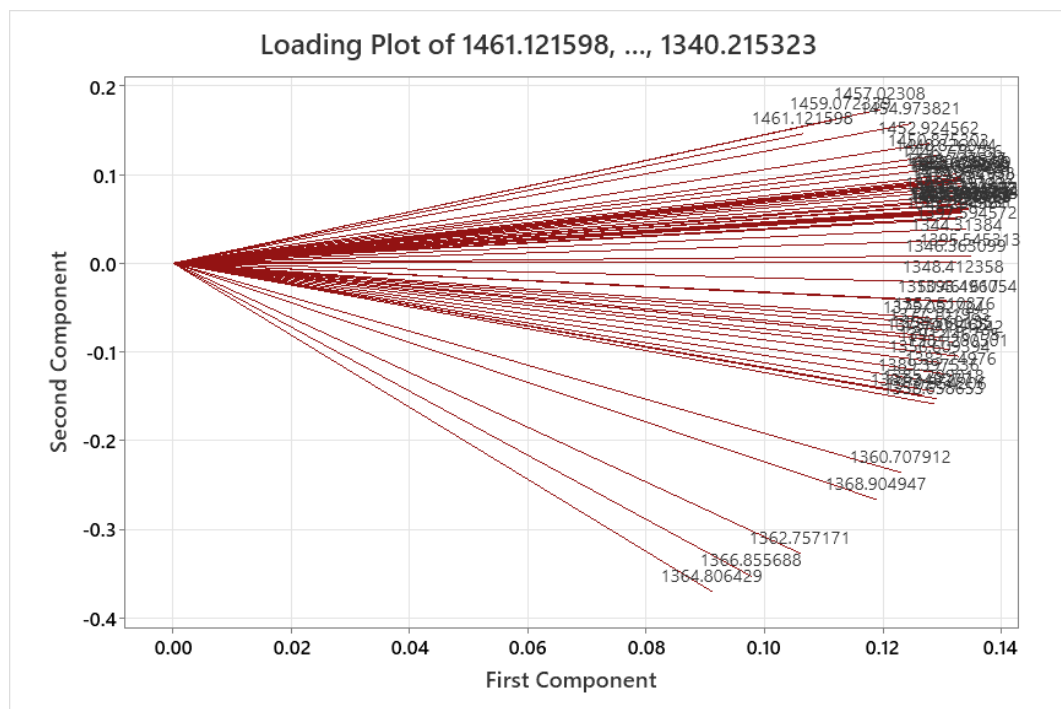
Eigenvalue 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000
 Proportion 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000
 Cumulative 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000

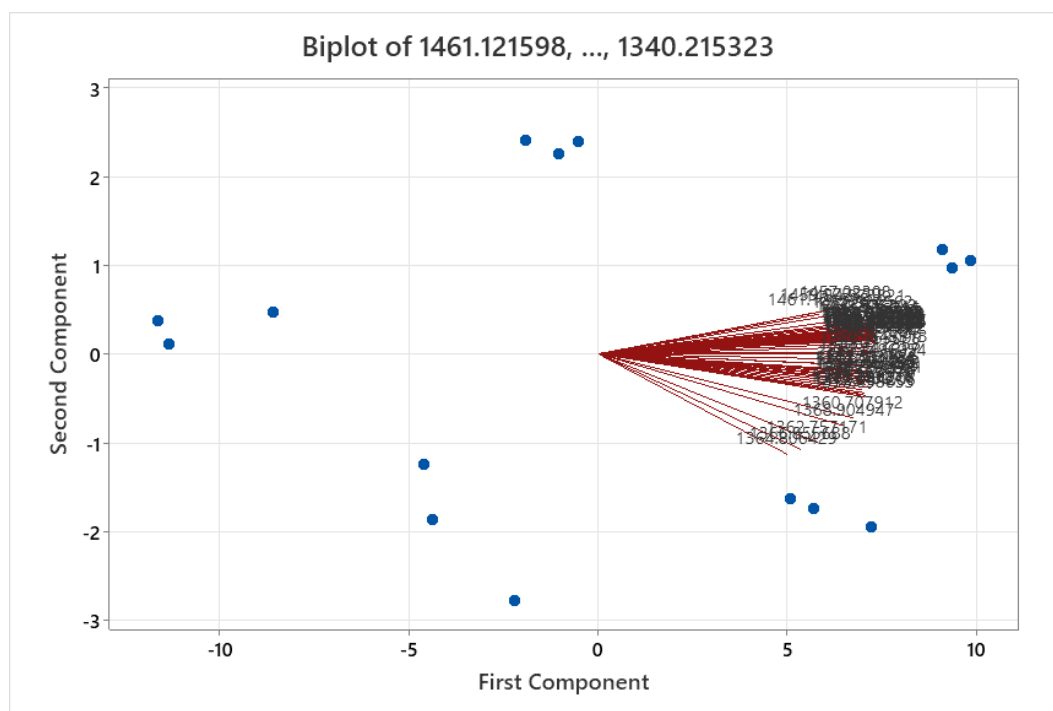
Eigenvalue -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000
 Proportion -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000
 Cumulative 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000

Eigenvalue -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000
 Proportion -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000
 Cumulative 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000

Lampiran 20. *Score plot PCA*



Lampiran 21. *Scree plot* PCALampiran 22. *Loading plot* PCA

Lampiran 23. *Biplot* PCA

Lampiran 24. Gugus Fungsi Gelatin Babi dan Gelatin Sapi Referensi 100%

Pita	Bilangan Gelombang Gelatin Babi (cm ⁻¹)			Referensi Pavia <i>et al.</i> , 2009 (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Model Vibrasi	Intensitas
	Rep 1	Rep 2	Rep 3				
a	3301	3303	3303	3500-3100	N-H	Stretching	Medium
b	2917	2917	2917	3000-2850	C-H alifatik	Stretching	Kuat
c	1635	1635	1635	1680-1630	C=O	Stretching	Kuat
d	1461	1460	1460	1640-1550	N-H	Bending	Medium-Kuat
e	1250	1250	1250	1350-1000	C-N	Stretching	Medium-Kuat Kuat
Pita	Bilangan Gelombang Gelatin Sapi (cm ⁻¹)			Referensi (Pavia <i>et al.</i> , 2009)	Gugus Fungsi	Model Vibrasi	Intensitas
	Rep 1	Rep 2	Rep 3				
a	3287	3290	3288	3500-3100	N-H	Stretching	Medium
b	2918	2918	2918	3000-2850	C-H alifatik	Stretching	Kuat
c	1633	1634	1633	1680-1630	C=O	Stretching	Kuat
d	1454	1454	1454	1640-1550	N-H	Bending	Medium-Kuat
e	1245	1244	1244	1350-1000	C-N	Stretching	Medium-Kuat Kuat

Lampiran 25. Gugus Fungsi Pada Sampel *Sunscreen* yang mengandung *Hydrolized collagen*

Pita	Bilangan Gelombang <i>Sunscreen</i> KJC (cm ⁻¹)			Referensi Pavia <i>et al.</i> , 2009 (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Model Vibrasi	Intensitas
	Rep 1	Rep 2	Rep 3				
a	3318	3324	3396	3500-3100	N-H	Stretching	Medium
b	2953	2954	2952	3000-2850	C-H alifatik	Stretching	Kuat
c	1639	1637	1635	1680-1630	C=O	Stretching	Medium- Lemah
d	1464	1463	1464	1640-1550	N-H	Bending	Medium- Kuat
e	1040	1039	1079	1350-1000	C-N	Stretching	Medium- Kuat

Pita	Bilangan Gelombang <i>Sunscreen</i> 3WC (cm ⁻¹)			Referensi Pavia <i>et al.</i> , 2009 (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Model Vibrasi	Intensitas
	Rep 1	Rep 2	Rep 3				
a	3328	3326	3303	3500-3100	N-H	Stretching	Medium
b	2917	2917	2917	3000-2850	C-H alifatik	Stretching	Kuat
c	1624	1624	1622	1680-1630	C=O	Stretching	Medium- Lemah
d	1454	1454	1454	1640-1550	N-H	Bending	Medium- Kuat
e	1055	1056	1056	1350-1000	C-N	Stretching	Medium- Kuat

Pita	Bilangan Gelombang <i>Sunscreen</i> AYR (cm ⁻¹)			Referensi Pavia <i>et al.</i> , 2009 (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Model Vibrasi	Intensitas
	Rep 1	Rep 2	Rep 3				
a	3316	3319	3327	3500-3100	N-H	Stretching	Medium
b	2917	2918	2917	3000-2850	C-H alifatik	Stretching	Kuat
c	1610	1610	1610	1680-1630	C=O	Stretching	Medium- Lemah
d	1463	1462	1454	1640-1550	N-H	Bending	Medium- Kuat
e	1058	1071	1070	1350-1000	C-N	Stretching	Medium- Kuat