

**IDENTIFIKASI DAN PENENTUAN KANDUNGAN MINYAK BABI
DALAM MINYAK BUMBU MI IMPOR MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETRI FTIR DAN KEMOMETRIKA**

(Skripsi)

Oleh

**MUHAMMAD DWI FEBRIYANTO
2057011006**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI DAN PENENTUAN KANDUNGAN MINYAK BABI DALAM MINYAK BUMBU MI IMPOR MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI FTIR DAN KEMOMETRIKA

Oleh

MUHAMMAD DWI FEBRIYANTO

Identifikasi dan penentuan keberadaan minyak babi menjadi tantangan penting dalam menjaga kehalalan suatu produk makanan khususnya minyak dalam mi impor yang telah beredar. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi (kualitatif) dan menentukan (kuantitatif) kandungan minyak babi dalam minyak bumbu mi impor yang beredar di pasaran Kota Bandar Lampung menggunakan kemometrika berbasis data FTIR. Pada penelitian ini menggunakan kemometrika dengan metode *Principal Component Analysis* (PCA) sebagai analisis kualitatif dan metode *Partial Least Square* (PLS) sebagai analisis kuantitatif. Standar acuan minyak babi diperoleh dari ekstraksi dengan metode soxhletasi dengan pelarut n-Heksana untuk mendapatkan minyak babi dan untuk standar minyak kelapa sawit dan minyak kedelai diperoleh dari pasaran. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa sampel A, B, C, dan E lebih mendekat ke minyak kelapa sawit dan tidak mendekat ke minyak babi dan minyak kedelai, sedangkan sampel D sedikit menjauh dari minyak kelapa sawit dan lebih menjauh dari minyak babi dan minyak kedelai. Hasil analisis PLS kalibrasi mendapatkan nilai R^2 sebesar 0,999986 dan persen eror sebesar 0,098%. Hasil analisis PLS validasi mendapatkan nilai R^2 sebesar 0,999845 dan persen eror sebesar 1,39%, jika nilai nilai R^2 mendekati 1 maka hasil dapat dikatakan baik. Kadar minyak babi yang diperoleh dari *boxplot* sebesar 0,0286-0,0412%, minyak kelapa sawit 90,9384-93,6112%, dan minyak kedelai sekitar kurang lebih 6,4%.

Kata Kunci: Kemometrika, Minyak, FTIR, PCA, dan PLS

ABSTRACT

IDENTIFICATION AND DETERMINATION OF PORK OIL CONTENT IN IMPORTED NOODLE SEASONING OIL USING FTIR SPECTROPHOTOMETRY AND CHEMOMETRICS

By

MUHAMMAD DWI FEBRIYANTO

Identification and determination of the presence of pig oil is an important challenge in maintaining the halalness of a food product, especially oil in imported noodles that have been circulating. This study aims to identify (qualitative) and determine (quantitative) the content of pig oil in imported noodle seasoning oil circulating in the Bandar Lampung City market using chemometrics based on FTIR data. This study uses chemometrics with Principal Component Analysis (PCA) method as qualitative analysis and Partial Least Square (PLS) method as quantitative analysis. The reference standard of pork oil was obtained from extraction by soxhletation method with n-hexane solvent to obtain pork oil and for palm oil and soybean oil standards obtained from the market. The results of PCA analysis showed that samples A, B, C, and E were closer to palm oil and not closer to pork oil and soybean oil, while sample D was slightly away from palm oil and more away from pork oil and soybean oil. The results of the calibration PLS analysis obtained an R^2 value of 0.999986 and a percent error of 0.098%. The results of the PLS validation analysis obtained an R^2 value of 0.999845 and a percent error of 1.39%, if the value of R^2 value is close to 1 then the results can be said to be good. The level of pork oil obtained from the boxplot is 0.0286-0.0412%, palm oil is 90.9384-93.6112%, and soybean oil is approximately 6.4%.

Keywords: Chemometrics, Oil, FTIR, PCA, and PLS

**IDENTIFIKASI DAN PENENTUAN KANDUNGAN MINYAK BABI
DALAM MINYAK BUMBU MI IMPOR MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETRI FTIR DAN KEMOMETRIKA**

Oleh

Muhammad Dwi Febriyanto

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul : IDENTIFIKASI DAN PENENTUAN KANDUNGAN
MINYAK BABI DALAM MINYAK BUMBU MI
IMPOR MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI
FTIR DAN KEMOMETRIKA

Nama : Muhammad Dwi Febriyanto

NPM : 2057011006

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.
NIP. 197110301997031003

Pembimbing II

Dr. Irwan Saputra, M.Si.
NIP. 197410182006041001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

Dr. Mita Rilyanti, M.Si.
NIP. 197205302000032000

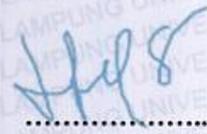
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc.**

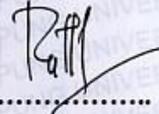


Sekretaris : **Dr. Irwan Saputra, M.Si.**



Penguji

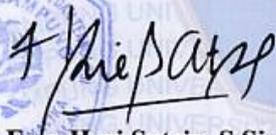
Bukan Pembimbing: **Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP.197110012005011002



Tanggal Ujian Skripsi: **8 Juli 2024**

LEMBAR PERNYATAAN

KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Dwi Febriyanto
Nomor Induk Mahasiswa : 2057011006
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul "**Identifikasi dan Penentuan Kandungan Minyak Babi dalam Minyak Bumbu Mi Impor Menggunakan Spektrofotometri FTIR dan Kemometrika**" adalah benar karya sendiri dan saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana semestinya.

Bandar Lampung, 8 Juli 2024

Yang menyatakan,



Muhammad Dwi Febriyanto
NPM. 2057011006

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Muhammad Dwi Febriyanto, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 16 Februari 2002 yang merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara. Penulis lahir dari pasangan suami istri yaitu Bapak Ahmad Jemiran dan Mukirah, penulis memiliki satu orang kakak yang bernama Muhammad Arif Rismawanto dan adik perempuan yang bernama Tri Wulan Ramadani. Penulis sekarang bertempat tinggal di Jl. Bukit Gg. Bukit 2 No.62 Kota Baru Bandar Lampung, Lampung.

Penulis telah menyelesaikan pendidikan mulai dari TK Aisyiyah pada tahun 2008, SDN 1 Tanjung Agung lulus pada tahun 2014, SMP N 1 Bandar Lampung lulus pada tahun 2017, SMK SMTI Bandar Lampung lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan S1 Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (SMMPTN-Barat).

Selain fokus belajar di bangku perkuliahan, penulis juga aktif dalam berorganisasi. Organisasi yang pernah diikuti adalah Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Unila sebagai anggota Biro Kesekretariatan pada tahun 2021, kemudian pada tahun 2022 melanjutkan organisasi di Himaki sebagai Ketua Biro Kesekretariatan. Saat menjabat sebagai Ketua Biro Kesekretariatan penulis aktif dalam mengikuti volunteer yang diadakan Ikatan Himpunan Mahasiswa Kimia Indonesia (IKAHIMKI) dalam berbagai kegiatan. Pada tahun 2021 juga penulis pernah mengikuti UKM Birohmah. Selain mengikuti organisasi, penulis juga pernah mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) penelitian pada tahun 2022.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan *alhamdulillahirobbil'alamin* puji syukur kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang selalu menyertai setiap langkahku, sehingga terciptalah sebuah karya yang kupersembahkan sebagai wujud bakti dan tanggung jawabku kepada:

Bapak Jemiran dan Mama Mukirah yang telah mengandung, melahirkan, membesarkan, mendidik, memberikan cinta dan kasih sayang, mendoakan, menyemangati, serta senantiasa mendukung dan menemani setiap langkahku. Semoga Allah SWT hadiahkan *Jannah-Nya* untukmu, *Aamiin yaa Robbal'alamin*.

Kakak Arief Rismawanto dan adik Tri Wulan Ramadani yang telah mendukung dan mendoakan dalam segala hal. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan, keberhasilan, dan kebahagiaan kepada keluarga ini.

Pembimbing penelitianku, Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc. dan Bapak Dr. Irwan Saputra, M.Si., serta seluruh Dosen Jurusan Kimia yang telah membimbing, mendidik, dan memberikan banyak ilmu kepaaku selama menjalani proses pendidikan sarjana ini.

Serta,

Almamaterku tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S. Al Baqarah: 286)

“Kerjakanlah urusan duniamu seakan-akan kamu hidup selamanya. Dan laksanakanlah urusan akhiratmu seakan-akan kamu akan mati besok.”

(HR. Ibnu Asakir)

“Manusia punya harapan, tapi dunia punya kenyataan”
Nothing is impossible.

SANWACANA

Pertama-tama dengan mengucap rasa syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat serta karunia-Nya dan tidak lupa iringan shalawat senantiasa kita sanjung agungkan kepada junjungan dan baginda besar kita Rasulullah Muhammad SAW, semoga kita sebagai umatnya akan mendapatkan syafaatnya di yaumul akhir kelak. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul **“Identifikasi dan Penentuan Kandungan Minyak Babi dalam Minyak Bumbu Mi Impor Menggunakan Spektrofotometri FTIR dan Kemometrika”** dengan baik.

Penulis menyadari laporan ini dapat tersusun dan diselesaikan dengan adanya doa, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya.
2. Kedua orang tua, Ayah Ahmad Jemiran dan Ibu Mukirah yang senantiasa selalu mendoakan, membimbing, mendukung, memberikan kasih sayang yang melimpah, serta menjadi penyemangat utama bagi penulis.
3. Kakak dan adik, Muhammad Arif Rismawanto dan Tri Wulan Ramadani yang selalu memberikan semangat dan dukungan bagi penulis.
4. Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I dan sebagai sosok orang tua yang ada di lingkungan perkuliahan, terima kasih banyak atas bimbingan, saran, motivasi, dan bentuk dukungan lainnya yang telah diberikan kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.

5. Bapak Dr. Irwan Saputra, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, terima kasih banyak sudah memberikan masukan, saran, serta dukungan lainnya kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
6. Ibu Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembahas, terima kasih banyak atas saran, masukan, nasihan, serta dukungan lainnya kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
7. Bapak Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU., selaku Dosen Pemimbing Akademik atas segala bimbingan, arahan, dan saran sejak awal masa studi.
8. Ibu Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si., selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membantu dalam segala hal terkait administrasi dan menyetujui laporan skripsi ini.
9. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu, pengalaman, dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan. Semoga selalu diberikan kesehatan dan kemudahan dalam menjalani kehidupan.
10. Rekan penelitian saya Nadia Anindhita, Safitri Hauratul Jamalat, dan Sylfia Aini. Terima kasih banyak atas bantuan, dukungan, pengalaman suka dan duka yang tak terlupakan selama ini.
11. Kepada seseorang yang teristimewah dan tidak kalah penting kedahirannya buat pemilik nama Yasmin Fahira yang selalu menjadi *support system* penulis pada hari-hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan skripsi ini. Terima kasih banyak telah mendengarkan keluh kesah, telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, telah mendampingi dalam segala hal yang sifatnya menemani, mendukung, ataupun menghibur dalam kesedihan, telah memberikan semangat, motivasi, tenaga, pikiran, waktu, maupun materi. Terima kasih karena telah menjadi perjalanan dalam hidup penulis dan sudah bersedia dalam hal apapun hingga saat ini. Semoga senantiasa kita diberikan kesuksesan dikemudian hari dengan apa yang kita impikan.
12. Franky Gomgom N, Ahmad Sulaiman, Arip Ramadani, Jordy Setiawan, M. Rafli Yuwan Alhilabi, Muhammad Rifqi Aufa, Muhammad Sabil,

Muhammad Irfan Hanafi, Muhamad Dwi Fansang, Maulana Bintang Rabbani, M. Zidan Al Aqli, M. Fahrezi Cahaya Saputra, Rekia Enrik, Rahmadtullah, Riyadi, Roni Kustiawan, Sultan Gusthi Ramadhan, Surya Ibrahim Samany, M. Rafli Akbar, dan Carlos Daniel. Terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya selama perkuliahan.

13. Teman-teman angkatan 2020 yang tidak dapat disebutkan satu per-satu, terima kasih atas bantuan serta dukungannya. Semoga selalu diberikan keberkahan dalam setiap langkah.
14. Teman-teman angkatan 2019, 2021, dan 2022, terima kasih banyak atas bantuan dalam bentuk apapun itu yang pernah diberikan kepada penulis.
15. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang telah memberikan dukungan, doa, nasihat, dan bimbingan dalam penulisan laporan ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, masih terdapat banyak kekurangan serta kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini mampu dijadikan sebagai referensi yang bermanfaat. Semoga Allah SWT. selalu memberikan rezeki serta karunianya.

Bandar Lampung, 8 Juli 2024
Penulis,

Muhammad Dwi Febriyanto
NPM. 2057011006

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	1
I . PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
II . TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Masalah Keahalalan Pangan	5
2.2 Mi Instan.....	7
2.3 Minyak.....	8
2.3.1 Minyak Babi	10
2.3.2 Minyak Kedelai	13
2.3.3 Minyak Kelapa Sawit	14
2.4 Spektrofotometri <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	15
2.5 Metode Soxhletasi	19
2.6 n-Heksana	20
2.7 Kemometrika	21
2.7.1 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	23
2.7.2 <i>Partial Least Square</i> (PLS)	25
III . METODE PENELITIAN	29
3.1 Waktu dan Tempat	29
3.2 Alat dan Bahan	29
3.3 Prosedur Penelitian.....	30
3.3.1 <i>Sampling</i> Sampel	30
3.3.2 Penyiapan Standar Minyak Babi	30
3.3.3 Penyiapan Standar Minyak Kedelai.....	30
3.3.4 Penyiapan Standar Minyak Kelapa Sawit.....	31

3.3.5 Minyak dari Sampel Bumbu Mi Impor	31
3.3.6 Kalibrasi dan Validasi.....	31
3.3.7 Analisis dengan Menggunakan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	33
3.3.8 Analisis Data Kemometrika.....	33
3.3.9 Analisis <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) dan <i>Partial Least Square</i> (PLS)	34
IV . HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Pengantar	37
4.2 Lokasi <i>Sampling</i>	37
4.3 Ekstraksi Minyak Babi Murni	39
4.4 Preparasi Standar Minyak Kelapa Sawit, Kedelai, dan Sampel.....	40
4.5 Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	40
4.5.1 Standar Minyak Babi, Kelapa Sawit, dan Kedelai	40
4.5.2 Sampel Minyak Mi Impor	43
4.6 Analisis Kemometrika Metode <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	47
4.7 Pembuatan Set Kalibrasi dan Set Validasi	53
4.7.1 Set Kalibrasi.....	53
4.7.2 Set Validasi.....	54
4.8 Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) dari Set Kalibrasi dan Set Validasi.....	55
4.8.1 Spektrum Set Kalibrasi	55
4.8.2 Spektrum Set Validasi	57
4.9 Analisis Kemometrika Metode <i>Partial Least Square</i> (PLS).....	58
4.10 Pembuatan Set Kalibrasi dan Klasifikasi Set Kalibrasi.....	59
4.11 Pembuatan Set Validasi dan Klasifikasi Set Validasi	60
4.12 Deteksi Kemurnian Sampel Minyak Babi Murni Menggunakan <i>Boxplot</i>	61
V . KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	72
1. Proses Penjemuran Daging Babi	73
2. Preparasi dan Proses Ekstraksi Minyak Babi Menggunakan Soxhlet.....	73
3. Proses Penguapan Larutan Sisa dari Ekstraksi Menggunakan <i>Rotary Evaporator</i>	73
4. Hasil Ekstraksi Minyak Babi	74
5. Preparasi Standar Minyak Babi, Minyak Kedelai, dan Minyak Kelapa Sawit .	74
6. Preparasi Sampel Mi Impor	74
7. Data dan Hasil Analisis PCA	76
8. Data dan Hasil Analisis PCA dalam Bentuk 3D	76
9. Data dan Hasil Set Kalibrasi PLS	77
10. Data dan Hasil Set Validasi PLS.....	77

11. Data dan Hasil Kadar Minyak Babi Menggunakan <i>Boxplot</i>	78
12. Data dan Hasil Kadar Minyak Kelapa Sawit Menggunakan <i>Boxplot</i>	78

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Fisik Minyak Babi	11
2. Komposisi Asam Lemak Minyak Babi	12
3. Gugus Fungsi Minyak Babi	13
4. Hasil Identifikasi Gugus Fungsional pada Spektrum FTIR Minyak Babi dan Minyak Kedelai	19
5. Set Kalibrasi Campuran Minyak Babi dan Minyak Lainnya	32
6. Set Validasi Campuran Minyak Babi dan Minyak Lainnya	32
7. Nilai Eigen Korelasi dengan Matriks pada Sampel dan Minyak Standar	48
8. Set Kalibrasi Campuran Minyak Babi dan Minyak Kelapa Sawit	53
9. Set Validasi Campuran Minyak Babi dan Minyak Kelapa Sawit	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Umum Minyak dan Lemak	10
2. Instrumen Spektrofotometer FTIR.....	16
3. Spektrum FTIR Minyak Babi dan Minyak Kedelai pada Panjang Gelombang 4000-650 cm^{-1}	18
4. Hasil <i>Score Plot</i> Minyak Babi 100% dan Minyak Kedelai 100% Secara Kualitatif Menggunakan PCA	24
5. Spektrum FTIR Kalibrasi Konsentrasi 0-100% Minyak Babi dalam Minyak Kedelai pada Bilangan Gelombang 4000-650 cm^{-1}	27
6. Kurva Kalibrasi Hubungan Antara Kadar Sebenarnya (x) Minyak Babi dengan Nilai Prediksi Analisis PLS (y)	28
7. Bagan Alir Penelitian	36
8. Peta Lokasi Pengambilan Sampel	38
9. Spektrum Standar Minyak Babi, Kelapa Sawit, dan Kedelai	41
10. Spektrum Pisah Standar Minyak Babi, Kelapa Sawit, dan Kedelai (a) 3500- 2750; (b) 1830-1650; (c) 1650-630 cm^{-1}	43
11. Spektrum Sampel Rata-Rata Minyak Mi Impor	44
12. Spektrum Pisah Sampel Rata-Rata Minyak Mi Impor (a) 3500-2750; (b) 1830- 1650; (c) 1650-630 cm^{-1}	46
13. Spektrum Perbandingan Standar Minyak Babi dan Minyak Kelapa Sawit dengan Sampel	46
14. <i>Scree Plot</i> PCA Sampel Simplo dan Duplo	50

15. <i>Score Plot</i> PCA Sampel Simplo dan Duplo	51
16. <i>Plot 3D</i> PCA Sampel Simplo dan Duplo	52
17. Spektrum Set Kalibrasi	55
18. Spektrum Pisah (a) 3500-2750; (b) 1830-1650; (c) 1650-630 cm^{-1}	56
19. Spektrum Set Validasi.....	57
20. Spektrum Pisah (a) 3500-2750; (b) 1830-1650; (c) 1650-630 cm^{-1}	58
21. Model PLS dari Set Kalibrasi	59
22. Model PLS dari Set Validasi.....	60
23. Kadar Campuran Minyak Babi Menggunakan <i>Boxplot</i>	62
24. Kadar Campuran Minyak Kelapa Sawit Menggunakan <i>Boxplot</i>	62

I . PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Era digital telah membawa peningkatan signifikan dalam aliran informasi yang diterima oleh masyarakat. Situasi ini mendorong peningkatan minat pembeli terhadap berbagai produk impor yang tersedia di pasar Indonesia (Anggraini, 2020). Salah satu produk makanan impor yang paling banyak masuk ke Indonesia adalah mi instan. Mi instan adalah makanan yang terdiri dari mi yang sudah diolah dan biasanya dikeringkan agar bisa disimpan dalam waktu yang lama. Mi instan seringkali disajikan dengan berbagai bumbu atau saus yang telah disertakan dalam kemasan, sehingga pembuatannya menjadi cepat dan praktis. Mi instan menjadi produk makanan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat di Indonesia karena dinilai sebagai bahan pangan alternatif yang populer di seluruh kalangan masyarakat karena mudah diperoleh di warung kecil, pasar, maupun supermarket dengan harga yang beragam (Ghilma, 2018).

World Instant Noodles Association (WINA) menyatakan bahwa masyarakat Indonesia menduduki posisi kedua dalam mengonsumsi mi instan pada tahun 2020 yaitu sebanyak 12,64 miliar bungkus, setelah Cina di posisi pertama dengan total nilai konsumsi sebesar 46,35 miliar (Setiadi, 2022). Data menunjukkan bahwa negara dengan volume terbesar dalam konteks pasokan mi instan impor terbesar adalah Korea, yang menyumbang sekitar 2.157 ton, disusul oleh Cina dengan volume impor sekitar 240 ton, dan Thailand dengan volume sekitar 14 ton. Mi instan impor dari berbagai negara ini telah menjadi salah satu pilihan favorit di pasar makanan cepat saji Indonesia (Idris, 2017).

Ketika berbicara tentang keamanan dan kehalalan pangan impor, kita menemui sebuah isu yang sering menjadi polemik di masyarakat. Banyak faktor yang menjadi penyebab timbulnya isu ini, di antaranya adalah kurangnya perhatian dan pengawasan dari pemerintah terhadap para produsen yang bergerak dalam bidang pengadaan dan pengolahan bahan pangan. Kondisi ini menunjukkan pentingnya peran pemerintah dalam memastikan keamanan dan kehalalan pangan yang tersedia bagi masyarakat (Apriyantono, 2001). Ajaran agama islam mengajarkan tentang makanan halal dan haram. Selain faktor keamanan pangan, faktor kehalalan suatu produk pangan juga harus menjadi perhatian masyarakat umat muslim (Citrasari, 2013). Mi instan impor yang beredar di pasaran Indonesia masih terdapat label yang tidak mencantumkan label halal, hal ini menyebabkan suatu produk tidak bisa dikonsumsi sembarang oleh masyarakat. Kehadiran hewan babi dalam komponen produk makanan menjadi sebuah masalah bagi umat islam yang secara tegas menghindari konsumsi babi karena bahan tersebut tidak sesuai dengan prinsip halal (Ryandita, 2018).

Salah satu prinsip penting dalam konsep kehalalan makanan dalam islam adalah bahwa makanan harus benar-benar bebas dari setiap jejak minyak yang berasal dari hewan babi, bahkan jika kandungannya sangat kecil sekalipun. Keberadaan sejumlah kecil minyak babi dalam komposisi makanan sudah cukup untuk mengklasifikasikan makanan tersebut sebagai haram, yang berarti tidak boleh dikonsumsi oleh umat islam. Kehalalan suatu produk makanan adalah persyaratan yang sangat fundamental yang harus dipenuhi oleh setiap makanan yang akan dikonsumsi oleh umat islam. Sebaliknya, keharaman makanan adalah persyaratan mutlak bagi setiap muslim untuk menghindari konsumsi makanan tersebut (Hasyim, 2011).

Penentuan komposisi dalam bahan pangan yang terkandung minyak babi bukanlah pekerjaan yang mudah, apalagi bila lemak babi telah menjadi produk bahan olahan, sehingga diperlukan suatu metode analisis yang tepat untuk dapat mengetahui kandungan babi yang terdapat pada produk olahan tersebut (Maulidia, 2013). Terdapat beberapa metode yang dapat mengidentifikasi keberadaan minyak babi dalam suatu produk diantaranya yaitu, metode seperti *Enzyme-Linked*

Immunosorbent Assay (ELISA) (Asensio *et al.*, 2008), *Electrical Nose* dan *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS) (Nurjuliana dkk., 2011), *gold nanoparticle* (Ali dkk., 2012), dan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) (Rosman dkk., 2016). Berkaitan dengan analisis bahan tidak halal berbasis minyak dapat dilakukan juga dengan GC-MS (Utami dkk., 2018). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait dengan metode identifikasi kandungan lemak babi, disimpulkan bahwa metode tersebut memiliki kelemahan yang mencakup waktu analisis yang memakan waktu cukup lama dan juga memerlukan biaya yang signifikan. Salah satu metode yang dapat efektif digunakan untuk mengidentifikasi kandungan minyak babi dengan biaya yang terjangkau dan cepat adalah melalui penerapan metode spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (Hermanto dkk., 2008).

Metode FTIR sudah banyak dilakukan untuk autentifikasi adanya campuran atau pemalsuan dalam suatu produk seperti mendeteksi kualitas daging (Nurjuliana dkk., 2011). Spektrofotometri FTIR dikenal sebagai teknik sidik jari (*fingerprint*) dimana tidak ada 2 senyawa yang mempunyai jumlah intensitas atau absorbansi yang sama (Rohman and Che Man 2012). Spektrofotometri FTIR merupakan suatu teknik analisis yang reliabel, membutuhkan sampel yang sedikit, tidak merusak sampel, dan mudah dilakukan. Selain itu, analisis menggunakan spektrofotometri FTIR dapat dipertimbangkan sebagai metode analisis kimia yang ramah lingkungan (*green chemistry*) dikarenakan tidak banyak menggunakan reagen kimia yang dapat membahayakan kesehatan (Rohaeti dkk., 2015). Spektrofotometri FTIR juga memiliki keunggulan dalam hal kecepatan analisis, non destruktif, dan memiliki sensitivitas yang baik (Blanco *et al.*, 2007). Spektrum FTIR menjadi cara yang efektif untuk analisis kualitatif dan analisis kuantitatif termasuk dalam analisis lemak dan minyak, salah satu teknik untuk analisis data hasil spektrum FTIR adalah dengan menggunakan kemometrika khususnya teknik kalibrasi multivariat (Guntarti *et al.*, 2015). Kemometrika adalah suatu pendekatan yang terkait dengan prosedur matematis yang mampu mengolah, mengevaluasi, dan menginterpretasikan data dalam skala besar. Penggunaan teknik gabungan antara spektrofotometri dan kemometrika telah

menjadi populer dalam pengembangan metode analisis untuk memastikan kehalalan suatu produk (Hashim dkk., 2010).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi kandungan minyak babi yang terdapat dalam minyak mi impor yang beredar di Kota Bandar Lampung yang diambil dari pasar tradisional dan pasar modern sebanyak 5 sampel menggunakan instrumen spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang lebih cepat dan sensitif dengan kombinasi multivariat metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS) untuk mengidentifikasi minyak babi secara kualitatif dan kuantitatif.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi (kualitatif) dan menentukan (kuantitatif) kandungan minyak babi dalam minyak bumbu mi impor yang beredar di pasaran Kota Bandar Lampung menggunakan kemometrika berbasis data FTIR.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi tentang ada tidaknya kandungan minyak babi yang terkandung dalam mi impor di pasaran Kota Bandar Lampung.
2. Memastikan metode yang cepat, sensitif, dan mudah untuk mengidentifikasi kontaminasi minyak babi yang terdapat dalam minyak bumbu mi impor.
3. Memberikan informasi mengenai penggunaan spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dalam mengidentifikasi kandungan minyak babi dengan metode kemometrika PCA dan PLS.

II . TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Masalah Kehalalan Pangan

Pangan menjadi kebutuhan primer bagi setiap manusia yang harus tersedia setiap waktu, aman, bergizi, bermutu, dan harga yang terjangkau bagi masyarakat. Kebutuhan pangan dapat diperoleh oleh manusia baik secara langsung dari sumber alaminya tanpa proses dan dapat diperoleh dari hasil olahan yang biasanya disebut produk pangan olahan. Namun, setiap bahan pangan yang dikonsumsi oleh manusia haruslah dalam kondisi yang aman dan tidak membahayakan manusia. Dilihat dari aspek kesehatan, pangan dinyatakan aman apabila pangan tersebut sehat dan bermutu. Pangan halal adalah pangan yang tidak mengandung suatu unsur atau barang yang haram atau dilarang untuk dikonsumsi oleh umat islam, baik yang menyangkut bahan baku pangan, bahan tambahan, maupun bahan penolong lainnya termasuk bahan pangan yang diolah melalui proses rekayasa genetika dan iradiasi pangan. Oleh karena itu, pangan pengelolaannya harus dilakukan sesuai dengan ketentuan hukum agama islam. Syarat kehalalan suatu produk diantaranya yaitu tidak mengandung babi atau bahan yang berasal dari babi, tidak mengandung bahan yang diharamkan seperti bahan yang berasal dari organ manusia, darah, kotoran-kotoran lainnya, semua tempat pengolahan, penyimpanan, penjualan tidak boleh digunakan untuk babi. Jika pernah digunakan untuk babi atau barang yang tidak halal lainnya terlebih dahulu harus dibersihkan dengan tata cara yang telah diatur menurut syariat islam (Sari, 2018).

Sejak dulu hingga saat ini, isu tentang jaminan kehalalan suatu produk pangan menjadi isu global. Umat muslim mengonsumsi makanan halal menjadi suatu keharusan. Al-Qur'an menyebutkan bahwa "Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan, karena sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu" (Al-Baqarah: 168). Kata halal di dalam bahasa Arab memiliki makna diperbolehkan menurut hukum islam, yang merupakan hal yang diperlukan dalam mengonsumsi barang dan jasa bagi umat islam, dengan itu maka yang dimaksud halal disini adalah segala objek atau kegiatan yang diizinkan atau diperbolehkan untuk digunakan atau dilaksanakan di dalam agama islam. Istilah ini dalam kosa kata sehari-hari lebih sering digunakan untuk menunjukkan minuman atau makanan yang diizinkan untuk dimakan atau dikonsumsi menurut islam, menurut jenis makanan dan cara memperolehnya (Rasyid, 2015).

Prinsip dasarnya adalah bahwa di seluruh dunia ini termasuk di darat dan di laut, terdapat berbagai jenis makanan dan minuman yang berasal dari sumber-sumber seperti tumbuhan dan hewan. Namun, ada beberapa jenis makanan dan minuman yang dianggap haram karena dapat membahayakan kesehatan dan kehidupan manusia. Sehubungan dengan hal ini, sebagian orang yang beriman wajib mengetahui makanan dan minuman yang halal sehingga boleh dikonsumsi, serta yang haram dan wajib dihindari. Allah SWT telah menjelaskan bahwa kriteria makanan dan minuman yang halal dikonsumsi yaitu makanan dan minuman yang "*halalan thayyiba*", dimana kata "*halalan*" adalah suatu makanan dan minuman yang diperbolehkan oleh agama islam untuk dikonsumsi dan tidak tergolong dari jenis hewan atau tumbuh-tumbuhan yang diharamkan, sedangkan yang dimaksud dengan "*thayyiban*" adalah suatu makanan dan minuman yang memberikan manfaat bagi manusia karena telah memenuhi persyaratan kesehatan, tidak najis atau *mutanajjis* (terkena najis), tidak memabukkan, tidak menimbulkan *mafsadah* (kerusakan) bagi kesehatan fisik, serta diperolehnya dengan cara yang halal (Rasyid, 2015).

2.2 Mi Instan

Mi instan adalah salah satu jenis makanan yang sangat terkenal di kawasan Asia, terutama di Asia Tenggara dan Asia Timur. Berdasarkan catatan sejarah, mi instan pertama kali diproduksi di daratan Cina sekitar dua ribu tahun yang lalu pada masa Dinasti Han. Setelah diperkenalkan di Cina, mi instan menyebar ke negara-negara seperti Jepang, Taiwan, Korea, dan kemudian menyebar ke seluruh kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia, serta Eropa. Mi instan mulai dikenal setelah penjelajah Marco Polo mengunjungi Cina dan membawa mi sebagai oleh-oleh. Mi ini kemudian mengalami transformasi menjadi pasta, seperti yang kita kenal saat ini di Eropa (Suyanti, 2008).

Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 3551-1994, mi instan didefinisikan sebagai suatu produk makanan kering yang dibuat dari tepung terigu tanpa penambahan bahan makanan lain, berbentuk khas dan siap dihidangkan setelah dimasak dengan air mendidih paling lama 4 menit. Mi instan pada umumnya dikenal sebagai ramen dan memiliki kadar air yang umumnya mencapai 5-8%, sehingga memiliki daya simpan yang lama. Berdasarkan proses pengeringan, terdapat dua macam mi instan diantaranya yaitu pengeringan dengan cara menggoreng menghasilkan mi instan goreng dan pengeringan dengan udara panas yang disebut mi instan kering (Suryani, 2018).

Zaman sekarang ini, kegiatan hidup sehari-hari masyarakat di Indonesia ditandai dengan meningkatnya penawaran aneka jenis komoditi makanan dan minuman serba siap saji (instan). Kelahiran mi instan atau mi yang disajikan secara cepat berasal dari negara Jepang dengan istilah ramen, menjadi mi instan atau instan *noodle*. Mi instan berfungsi sebagai makanan mendadak dan siap saji, sebagai alternatif pengganti makanan pokok sebelumnya seperti nasi, singkong, tapioka, dan lainnya yang membutuhkan proses yang memakan waktu cukup lama untuk menyajikan dan mengkonsumsinya karena konsumen tidak lagi memiliki waktu cukup untuk mengonsumsi makanan biasa makan lebih memilih mengonsumsi mi instan. Tujuan konsumen menjadikan makan yaitu untuk menghilangkan rasa lapar, sehingga mereka dapat melanjutkan aktivitas dengan baik. Konsumen tidak menyadari akan hal resiko dan bahaya yang ditimbulkan bagi kesehatan apabila

terlalu sering mengkonsumsi serta bahaya yang terkandung di dalam mi instan. Kerugian lainnya yaitu kualitas kandungan gizi yang rendah, meskipun mereka menyadari adanya kerugian-kerugian tersebut namun, mereka tetap mengkonsumsinya (Harsanto, 2009).

2.3 Minyak dan Lemak

Minyak merupakan salah satu jenis zat yang masuk dalam kategori lipid, yang merupakan kelompok senyawa organik yang dapat ditemukan dalam alam dan tidak memiliki kemampuan larut dalam air. Sebaliknya, minyak cenderung larut dalam pelarut organik non-polar, seperti dietil eter, kloroform, dan berbagai jenis hidrokarbon lainnya. Minyak memiliki sifat ini karena memiliki tingkat polaritas yang sejenis dengan pelarut yang telah disebutkan sebelumnya (Herlina, 2002).

Minyak memiliki sifat fisik minyak yaitu berbau amis yang disebabkan oleh terbentuknya trimetil-amin dari lecitin, bobot jenis dari minyak biasanya ditentukan pada temperatur kamar, indeks bias dari lemak dipakai pada pengenalan unsur kimia dan untuk pengujian kemurnian minyak, minyak tidak larut dalam air dan sedikit larut dalam alkohol dan larut sempurna dalam dietil eter, serta viskositas minyak akan bertambah dengan bertambahnya panjang rantai karbon (Herlina, 2002).

Adapun sifat kimia dari minyak yaitu pada reaksi-reaksi yang penting pada minyak diantaranya:

1. Esterifikasi

Suatu proses yang bertujuan untuk asam-asam lemak bebas dari trigliserida, menjadi bentuk ester. Reaksi esterifikasi dapat dilakukan melalui reaksi kimia yang disebut interifikasi atau penukaran ester yang didasarkan pada prinsip transesterifikasi Friedel-Craft.

2. Hidrolisis

Reaksi hidrolisis minyak akan diubah menjadi asam-asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisis mengakibatkan kerusakan minyak, hal ini terjadi karena terdapat sejumlah air dalam minyak tersebut.

3. Penyabunan

Reaksi ini dilakukan dengan penambahan sejumlah larutan basa kepada trigliserida. Setelah penyabunan telah lengkap, lapisan air yang mengandung gliserol dipisahkan dan gliserol dipulihkan dengan penyulingan.

4. Hidrogenasi

Proses hidrogenasi bertujuan untuk menjernihkan ikatan dari rantai karbon asam lemak pada minyak. Setelah proses hidrogenasi selesai, minyak didinginkan dan katalisator dipisahkan dengan disaring. Hasilnya adalah minyak yang bersifat elastis atau keras, tergantung pada derajat kejenuhan.

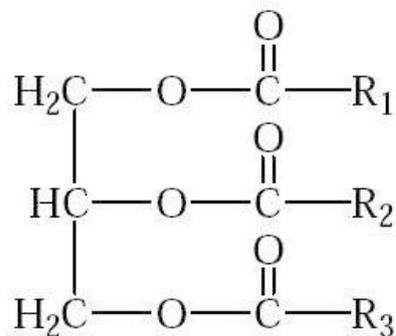
5. Oksidasi

Oksidasi dapat berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak. Terjadinya reaksi oksidasi ini akan mengakibatkan bau tengik pada minyak (Herlina, 2002).

Lemak dan minyak sebagai komponen dalam makanan dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yakni: lemak yang dapat dikonsumsi tanpa proses memasak, seperti mentega, margarine, dan lemak dari kembang gula. Lemak yang digunakan dalam proses memasak atau sebagai media penghantar panas saat memasak makanan, seperti minyak goreng, *shortening*, minyak babi, atau minyak yang dicampurkan dengan bahan makanan. Semua lemak yang digunakan dalam makanan harus memenuhi persyaratan tertentu dan memiliki sifat-sifat khusus. Kerusakan lemak dapat terjadi mulai dari proses pengolahan hingga saat makanan siap dikonsumsi. Lemak dan minyak memainkan peran penting dalam menjaga kesehatan tubuh manusia. Asam lemak esensial membantu mencegah penyakit terkait kolesterol dan penyempitan pembuluh darah. Selain itu, minyak dan lemak juga berfungsi sebagai sumber vitamin A, D, E, dan K, serta pelarut untuk vitamin-vitamin tersebut (Mulyani dan Sujarwanta, 2018).

Pengolahan pangan dalam industri khususnya industri mi sudah banyak menggunakan beberapa campuran minyak diantaranya minyak kelapa sawit, minyak kedelai, minyak babi, dan masih banyak minyak lainnya.

Terdapat perbedaan antara minyak dan lemak yaitu pada minyak cenderung lebih tidak pekat dan padat, sedangkan lemak cenderung lebih pekat dan padat pada suhu ruang. Minyak memiliki komposisi asam lemak tak jenuh yang banyak dibandingkan dengan lemak jenuhnya, sedangkan pada lemak memiliki komposisi asam lemak jenuh yang banyak dibandingkan dengan lemak jenuhnya. Perbedaan lemak jenuh dan tak jenuh dapat dibedakan dari ikatan rangkapnya semakin banyak ikatan rangkapnya maka akan semakin tak jenuh. Hal ini yang mempengaruhi kekakuan dari minyak dan lemak. Minyak diperoleh dari nabati, sedangkan untuk lemak diperoleh dari hewani tetapi bisa juga diperoleh dari nabati. Proses mendapatkan minyak biasanya diperoleh dari hasil ekstraksi, sedangkan untuk lemak diperoleh dari proses rendering (Mulyani dan Sujarwanta, 2018). Berdasarkan struktur dasar dari minyak dan lemak yaitu bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Umum Minyak dan Lemak (Priscilla, 2009)

2.3.1 Minyak Babi

Lemak babi atau yang disebut dengan *lard* adalah suatu turunan babi yang dibuat dengan dua cara, yaitu dengan rendering kering dan rendering basah. Proses pada rendering kering, sering diberikan panas tinggi dalam oven tanpa air, sedangkan pada rendering basah, lemak babi direbus dalam air atau diuapkan pada suhu tinggi dan nantinya lemak babi yang tidak dapat larut di air, disaring dari

campuran, dan pada industri lemak biasanya dipisahkan dengan cara sentrifugasi. Lemak babi atau *lard* dapat diperoleh dari seluruh bagian tubuh dari babi selama terdapat konsentrasi yang tinggi dari jaringan. *Lard* dengan kualitas yang tertinggi disebut dengan *leaf lard* diperoleh dari penyimpanan lemak di sekitar ginjal. *Leaf lard* memiliki sedikit rasa daging babinya, sehingga biasa digunakan dalam material yang dipanggang. Tingkatan kualitas selanjutnya diperoleh dari bagian *fat back*, lemak ini dibagian belakang kulit dan daging babi. Kualitas *lard* terendah diperoleh dari lemak lunak yang berada di sekitar organ pencernaan, seperti usus kecil, walaupun lemak ini sering digunakan secara langsung sebagai pembungkus untuk daging tak berlemak (Winarno, 2004).

Minyak babi merupakan suatu bahan dasar makanan yang biasa digunakan sebagai minyak goreng atau untuk pelengkap masakan seperti layaknya mentega. Kualitas rasa dan kegunaan dari lemak babi sendiri bergantung pada bagian apa lemak babi sendiri bergantung pada bagian apa lemak tersebut diambil dan bagaimana diproses. Lemak babi memiliki kandungan lemak jenuh dan kolesterol yang lebih rendah dari pada mentega. Lemak babi mengandung 3770 kJ energi per 100 gram. Titik didihnya antara 86-113°C tergantung pada letak lemak tersebut pada tubuh babi. Titik asapnya 121-218 °C, nilai iodinnya 71,97, memiliki pH sekitar 3,4, nilai saponifikasi 255,90, titik lelehnya 36,8, dan bobot jenisnya 0,812 (Taufik dkk., 2018). Menurut Winarno (2004), minyak babi memiliki sifat fisik seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik Minyak Babi (Winarno, 2004)

Sifat Fisik	Deskripsi
Densitas	0,917
Titik Leleh	36° - 42°C
Kelarutan	Tidak larut dalam air, sedikit larut dalam alkohol, larut dalam benzena, kloroform, eter, karbon disulfida, dan petroleum eter
Bilangan Sponifikasi	195-203

Lemak babi atau disebut dengan *lard* mempunyai konsentrasi semi padat pada suhu 27 °C dan memiliki tekstur lembut, akan tetapi meleleh pada suhu 42 °C. *Lard* merupakan lemak yang terdapat dalam tubuh babi dan biasanya kaya akan asam oleat (44%), asam palmitat (26%), dengan tingkat linoleat (11%), dan asam palmitoleat yang lebih rendah (5%). Bangkai babi umumnya mengandung sekitar 30% lemak, tetapi pada babi gemuk mencapai kadar setinggi 50%. Kandungan asam linoleat pada lemak umumnya bisa mencapai kadar 2% pada babi yang diberi makanan nasi, akan tetapi kadar akan mencapai kadar 30% pada babi yang diberi makan kedelai. Komposisi pada asam lemak babi tidak hanya tergantung pada makanan yang dikonsumsi oleh babi tersebut, tetapi bervariasi dimana lemak yang akan diambil (Yunitasari, 2016).

Menurut Hilda (2013), minyak babi memiliki komposisi asam lemak yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Asam Lemak Minyak Babi (Hilda, 2013)

Asam Lemak	Lemak Babi (%)
Asam Kaprilat C8:0	0,01
Asam Kaprat C10:0	0,04
Asam Laurat C12:0	0,1
Asam Miristat C14:0	1,07
Asam Palmitoleat C16:1	1,78
Asam Palmitat C16:0	7,01
Asam Margarat C17:0	0,5
Asam Linoleat C18:2	24,94
Asam Oleat C18:1	40,74
Asam Stearat C18:0	13,95
Asam Arakidonat C20:4	0,43
Asam Arakat C20:0	0,3
Asam Eikosenat C20:1	Td

Minyak babi mengandung berbagai komponen kimia, termasuk berbagai gugus fungsi yang memberikan sifat-sifat kimiawi khusus pada minyak ini. Tabel gugus

fungsi minyak babi terdapat beberapa gugus fungsi utama yang dapat ditemukan dalam minyak babi yang dapat dilihat pada Tabel 3 Menurut Yunitasari (2016).

Tabel 3. Gugus Fungsi Minyak Babi (Yunitasari, 2016)

Panjang Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi yang Terabsorpsi pada IR
3007	-C-H (CH ₂ ,CH ₃)
2850-2980	-C-H (CH ₂ ,CH ₃)
1747	-C=O (ester)
1464	-C-H (CH ₂ ,CH ₃)
1377	-C-H (CH ₃)
1160	=C-H (cis)
1096	-C-H
721	-(CH ₂) n-, -HC=CH-(cis)

2.3.2 Minyak Kedelai

Minyak kedelai adalah suatu minyak makan yang diperoleh dari biji kedelai (*Glycine max (L) Merr*) dan telah mengalami proses rafinasi atau pemurnian. Minyak mentah kedelai yang dimurnikan dengan ekstraksi pelarut atau dengan pengepresan mekanik dan mengandung berbagai jenis lipid. Lipid tersebut terdiri dari lipid netral, yang meliputi tri-, di-, dan mono-asilgliserol, asam lemak bebas, dan lipid polar seperti fosfolipid. Minyak kedelai mengandung sejumlah kecil zat tak larut yaitu fotosterol, tokoferol, dan hidrokarbon seperti *squalene* (Gunstone, 2011).

Kadar minyak kedelai relatif lebih rendah dibandingkan dengan minyak jenis kacang-kacangan lainnya, tetapi lebih tinggi daripada kadar minyak serelia. Kadar protein kedelai yang tinggi menyebabkan minyak kedelai lebih banyak digunakan sebagai sumber protein daripada sebagai sumber minyak. Asam lemak dalam minyak kedelai sebagian besar terdiri dari asam lemak esensial yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Kandungan omega-6 minyak kedelai lebih tinggi dibandingkan dengan jenis minyak asal nabati yang lainnya seperti minyak kacang tanah, minyak biji kapas, dan minyak jagung. Minyak kedelai mempunyai

rasa yang natural dan hampir tidak memberikan efek aroma pada pangan yang kemudian tidak merusak rasa alami dari pangan sehingga, pangan siap untuk dikonsumsi (Pulungan, 2019).

Saat ini, kedelai menjadi tanaman serba guna yang penting karena dapat dimanfaatkan sebagai makanan, pakan, dan bahan mentah untuk berbagai industri manufaktur dan pengolahan. Negara sedang berusaha menghemat devisa sehingga, kedelai menjadi komoditas yang krusial. Besarnya jumlah impor kedelai untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri mencapai jutaan ton setiap tahun. Pemerintah telah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan produksi kedelai, baik dengan intensifikasi maupun ekstensifikasi guna mencukupi kebutuhan dalam negeri (Adisarwanto, 2005).

Minyak kedelai yang sudah dimurnikan dapat digunakan untuk pembuatan minyak goreng, minyak salad, serta segala keperluan pangan. Lebih dari 50% produk pangan dibuat dari minyak kedelai, terutama *margarine* dan *shortening*. Hampir 90% dari produksi minyak kedelai digunakan dibidang pangan. Minyak kedelai memiliki vitamin-vitamin yang sangat dibutuhkan oleh tubuh yang salah satunya adalah vitamin E (Thoha dan Arfan, 2008).

2.3.3 Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit adalah suatu minyak yang tersusun dari unsur-unsur C, H, dan O yang terdiri dari fraksi padat dan fraksi cair dengan perbandingan yang seimbang. Penyusun fraksi padat terdiri dari asam lemak jenuh antara lain asam miristat (1%), asam palmitat (45%), dan asam stearat, sedangkan fraksi cair terdiri dari asam lemak tidak jenuh yang terdiri dari asam oleat (39%) dan asam linoleat (11%). Minyak kelapa sawit digunakan sebagai produk pangan yang memiliki nilai gizi biasanya dihasilkan melalui proses fraksinasi, rafinasi, dan hidrogenasi (Akbar, 2012). Minyak kelapa sawit dapat diolah menjadi bahan makanan seperti mentega, lemak untuk masakan (*shortening*), bahan tambahan coklat, bahan baku es krim, pembuatan asam lemak, vanaspati, bahan baku berbagai industri ringan, dan makanan ternak (Saragih dkk., 2018).

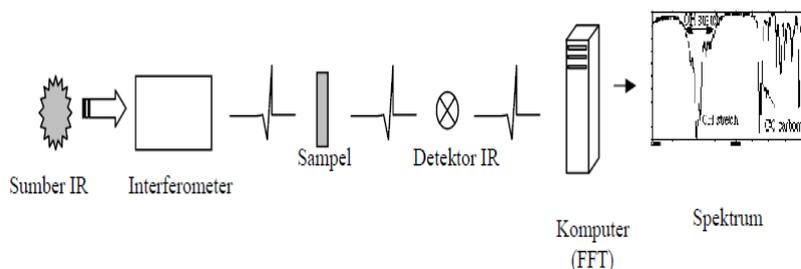
Minyak kelapa sawit diperoleh dengan cara ekstraksi dari bagian mesokarp buah kelapa sawit. Minyak kelapa sawit mentah berwarna orange-kemerahan, berbentuk semi padat pada suhu ruang dengan kandungan triasilgliserol utama dari asam palmitat dan asam oleat. Umumnya, minyak kelapa sawit digunakan sebagai bahan baku untuk produk pangan sekitar 80%. Aplikasi untuk produk pangan, minyak kelapa sawit perlu dimurnikan melalui proses rafinasi untuk menghasilkan minyak berwarna kuning pucat, tidak berbau, dan mengandung asam lemak bebas, air, bilangan peroksida. Selain itu, minyak kelapa sawit dapat dipisahkan berdasarkan fraksi-fraksinya melalui fraksinasi kering dan tahap kristalisasi (Hasibuan, 2021).

Teknologi pengolahan minyak sawit terdiri dari tahap ekstraksi, pemurnian, dan pengolahan lanjut menjadi produk pangan ataupun non pangan. Tahap ekstraksi didapatkan minyak *Crude Palm Oil* (CPO). Tahap pemurnian dari CPO dilakukan agar CPO didapatkan, kemudian dikonsumsi menjadi minyak goreng ataupun produk turunan lainnya. Minyak kelapa sawit memiliki karakteristik dengan komposisi asam lemak yang sangat berbeda dengan minyak bahan pokok yang lainnya yang terdiri dari saturasi dan unsaturasi asam lemak. Minyak kelapa sawit yang baik berkadar asam lemak bebasnya yang rendah dan berwarna kuning terang, sehingga mudah dipucatkan. Bukil inti sawit yang diinginkan itu berwarna relatif terang dan nilai gizi serta kandungan asam amino tidak berubah (Ahdaini, 2013).

2.4 Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) adalah salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi pemalsuan dalam makanan. Hasil yang diperoleh berupa nilai absorbansi atau transmitansi dalam bentuk spektrum yang dapat menunjukkan rantai ikatan molekul dan gugus fungsional suatu sampel yang dianalisis. Spektrum tersebut nantinya dapat mengidentifikasi identitas dari sampel tersebut. Instrumen yang umum terdapat dua yang digunakan dalam spektroskopi yaitu instrumen FTIR dan instrumen dispersif. Instrumen FTIR dapat

mendeteksi banyak sinyal spektrum secara bersamaan, sedangkan instrumen dispersif hanya mampu mendeteksi satu sinyal spektrum dalam satu satuan waktu (Nollet dan Todra, 2015). Berikut gambaran dari instrumen spektrofotometer FTIR yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Instrumen Spektrofotometer FTIR (Suseno dan Firdausi, 2008)

Spektrofotometri FTIR merupakan suatu metode yang digunakan untuk analisis gugus fungsi secara kualitatif, tidak menggunakan radioaktif, dan bebas reagen. Prinsip dasar dari spektrofotometri FTIR yaitu untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari senyawa berdasarkan absorbansi inframerah terhadap suatu senyawa. Suatu senyawa memiliki pola absorbansi yang berbeda ketika diserap yang menyebabkan senyawa tersebut bisa dibedakan dan dikenali (Sjahfirdi, 2015). Spektrofotometri didasarkan pada penyerapan panjang gelombang inframerah. Spektrum inframerah terletak di daerah yang memiliki panjang gelombang 0,78-1000 μm atau bilangan gelombang $12.800-10^{-7}$. Instrumen spektrum inframerah terbagi dalam tiga radiasi antara lain yaitu inframerah dekat, inframerah pertengahan, dan inframerah jauh (Bintang, 2010).

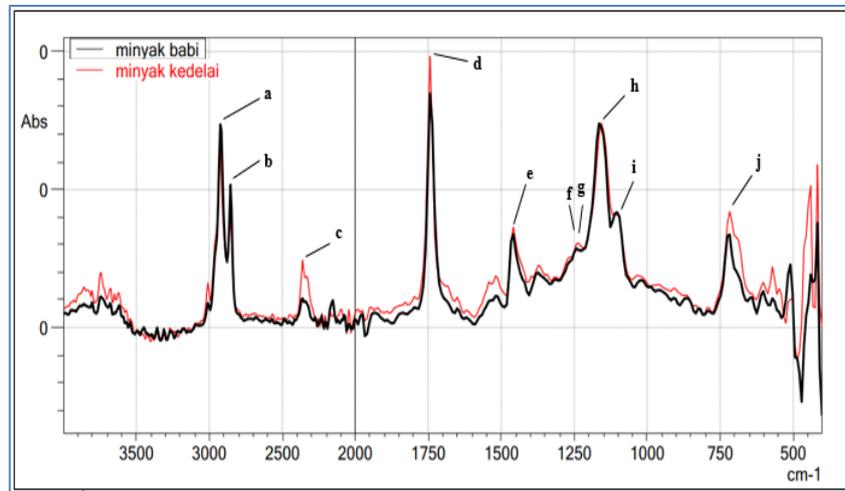
Spektrofotometri FTIR juga bisa digunakan sebagai alat pendeteksi lemak babi dengan cara cepat, FTIR juga bisa memberikan hasil analisis lemak babi yang tercampur dengan lemak-lemak yang lain dalam suatu sampel, sekalipun dalam kandungan yang rendah. Metode ini memiliki kelebihan yaitu tidak membutuhkan preparasi sampel yang rumit pada sampel cairan maupun padatan untuk menghasilkan spektrumnya. Penggunaan metode FTIR ini juga dalam analisis asam lemak babi dapat digunakan karena lebih efisien dan prosesnya juga lebih sederhana (Permana, 2014). Eksplorasi metode analisis lemak hewani khususnya

lemak babi dengan alat FTIR memungkinkan untuk dikembangkan karena efisiensi dan kesederhanaan proses yang dilakukan. Metode analisis ini juga tidak memerlukan preparasi sampel yang rumit, dimana baik sampel padatan maupun cairan bisa langsung dianalisis untuk menghasilkan spektrum (Irwandi, 2013). Spektroskopi inframerah juga menggunakan teknik sidik jari yang dimana tidak ada dua senyawa yang memiliki jumlah atau intensitas puncak yang sama pada spektrum inframerahnya, oleh karena itu spektrum inframerah dapat membedakan antara tiap-tiap minyak (Rohman *and* Che Man, 2012). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Guntarti *et al.* (2015), pola spektrum pada spektroskopi FTIR adalah salah satu cara yang efektif untuk analisis kualitatif dan kuantitatif termasuk untuk menganalisis lemak dan minyak. Salah satu teknik untuk menganalisis hasil FTIR adalah dengan cara menggunakan teknik kalibrasi multivariat yang bagian dari kemometrika.

Keuntungan menggunakan metode spektrofotometri FTIR yaitu:

1. Tidak bersifat merusak.
2. Cepat serta akurat.
3. Preparasi sampelnya tidak rumit.
4. Ramah terhadap lingkungan karena menggunakan larutan dan bahan yang sedikit.
5. Sampel padatan maupun cairan bisa langsung dianalisis untuk menghasilkan spektrum (Ahdaini, 2013).

Pada penelitian Utami dkk. (2018), mengenai identifikasi minyak babi dalam minyak bumbu mi impor yang menghasilkan pola dan panjang gelombang yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum FTIR Minyak Babi dan Minyak Kedelai pada Panjang Gelombang 4000-650 cm^{-1} (Utami dkk., 2018)

Berdasarkan gambar spektrum yang didapatkan daerah khas minyak babi terletak pada titik g ($1226,73 \text{ cm}^{-1}$) dan i (1111 cm^{-1}). Perbedaan tinggi puncak serapan minyak kedelai lebih tinggi dibandingkan puncak minyak babi yaitu pada puncak bilangan gelombang $2360,87 \text{ cm}^{-1}$. Intensitas yang tinggi pada spektrum menunjukkan nilai absorbansi yang tinggi juga pada minyak kedelai.

Pada penelitian Utami dkk. (2018), didapatkan hasil spektrum beserta gugus fungsi dan jenis vibrasinya yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Identifikasi Gugus Fungsional pada Spektrum FTIR Minyak Babi dan Minyak Kedelai (Utami dkk., 2018)

Pita	Minyak Babi	Minyak Kedelai	Gugus Fungsional	Jenis Vibrasi
a	2924,09	2924,09	-C-H (CH ₂)	Uluran (<i>asymmetrical</i>)
b	2854,65	2854,65	-C-H (CH ₂)	Uluran (<i>symmetrical</i>)
c	-	2360,87	-O-H dari asam karboksilat	Uluran
d	1743,65	1743,65	Karbonil (C=O) dari triasilgliserol ester	Uluran
e	1458,18	1458,18	-C-H (CH ₂ , CH ₃)	Tekuk
f	1234,44	1234,44	-C-O pada ester	Uluran
g	1226,73	-	-C-O pada ester	Uluran
h	1157,29	1157,29	-C-O pada ester	Uluran
i	1111	-	-CH	Tekuk
j	-	1095,57	-CH	Deformasi asam lemak
k	717,52	717,52	-CH=CH-	Tekuk keluar dari bidang

Berdasarkan Tabel 4, puncak spesifik dari minyak babi terletak pada daerah panjang gelombang 1226,73 cm⁻¹ yang disebabkan oleh vibrasi -C-O pada ester dan daerah panjang gelombang 1111 cm⁻¹ yang disebabkan oleh vibrasi tekuk gugus -CH yang berdekatan dengan daerah panjang gelombang 1095,57 cm⁻¹ yang disebabkan oleh vibrasi deformasi -CH yang dimiliki oleh minyak kedelai.

2.5 Metode Soxhletasi

Soxhletasi adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengisolasi suatu minyak lemak. Soxhletasi merupakan ekstraksi padat-cair yang berkesinambungan, ekstraksi ini disebut dengan ekstraksi padat-cair karena substansi yang diekstrak terdapat di dalam campuran yang berbentuk padatan,

sedangkan disebut berkesinambungan karena pelarut yang sama dipakai secara berulang-ulang sampai proses ekstraksi selesai. Keuntungan dari metode soxhletasi ini di antara lain menggunakan pelarut yang lebih sedikit karena pelarut tersebut akan dipakai untuk mengulang ekstraksi dan uap panas tidak melalui serbuk simplia tetapi melalui pipa samping (Triesty dan Mahfud., 2018).

Metode soxhletasi didasarkan pada metode untuk menganalisis lemak dengan prinsip dasar kerja yaitu pada soxhletasi pelarut pengeksrak yang ada di dalam labu soxhlet akan dipanaskan sesuai dengan titik didihnya, sehingga nantinya akan menguap. Uap pelarut ini akan naik melalui pipa pendingin balik, sehingga nantinya akan mengembun dan menetes pada bahan yang diekstraksi. Pelarut ini merendam bahan dan jika tingginya sudah melampaui tinggi pipa pengalir pelarut maka ekstrak akan mengalir ke labu soxhlet. Ekstrak yang terkumpul itu dipanaskan kembali, sehingga pelarutnya akan menguap kembali secara berulang dan lemak akan tertinggal pada labu (Melwita dkk., 2014).

Ekstraksi menggunakan metode soxhletasi membawa berbagai keunggulan dibandingkan dengan prosedur ekstraksi lainnya. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yang menjadi kelebihan dari proses ekstraksi dengan soxhletasi. Sampel dalam metode soxhletasi ini akan selalu berada dalam kondisi terendam oleh pelarut yang jernih dan proses ekstraksi berlangsung secara berkesinambungan. Hal ini menghasilkan ekstrak dengan efisiensi yang tinggi. Selain itu, pemanasan yang terjadi antara pelarut dan materi organik selama proses ekstraksi juga dapat meningkatkan kualitas dari ekstrak yang dihasilkan. Selain itu, metode ini memungkinkan ekstraksi sampel yang lebih baik tanpa harus bergantung pada jumlah pelarut yang besar (Febryanto, 2017).

2.6 n-Heksana

n-Heksana adalah suatu hidrokarbon alkana dengan rumus kimia yaitu C_6H_{14} . n-Heksana merupakan hasil *refining* minyak mentah dengan komposisi dan fraksinya dipengaruhi oleh sumber minyak. Umumnya n-Heksana memiliki berat rantai isomer berkisar 50% dan memiliki titik didih sekitar 60-70°C. Seluruh

isomer n-heksana dan sering digunakan sebagai pelarut organik yang memiliki sifat *inert* karena non-polarnya (Atkins *et al.*, 2018). Pelarut n-Heksana merupakan suatu pelarut yang non-polar yang bersifat stabil dan mudah menguap, selektif melarutkan, dan mengekstrak dalam jumlah besar (Munawaroh dkk., 2010).

Penggunaan n-Heksana sebagai pelarut dalam proses ekstraksi lemak dan minyak dianggap memiliki sifat-sifat yang sangat menguntungkan. n-Heksana dikenal sebagai pelarut yang stabil dan mudah menguap, sehingga menjadi pilihan yang sangat efektif dalam proses ekstraksi tersebut. Keunggulan lain dari penggunaan n-Heksana adalah bahwa pelarut ini dianggap lebih aman dibandingkan dengan beberapa alternatif lainnya. Selain itu, n-Heksana tidak cenderung membentuk emulsi seperti toluen dan juga tidak menghasilkan peroksida yang dapat mengurangi kandungan kolesterol dalam hasil ekstraksi. Selain itu, pelarut n-Heksana memiliki sifat non-polar, yang berarti hanya dapat melarutkan senyawa non-polar hal ini membuatnya cocok untuk melarutkan minyak dan lemak. Oleh karena itu, pelarut n-Heksana dipilih untuk digunakan dalam proses melarutkan minyak (Muharrami, 2013).

2.7 Kemometrika

Istilah "kemometrika" pertama kali diperkenalkan oleh dua ilmuwan, yaitu Swante Wold dari Swedia dan Bruce R. Kowalski dari Amerika Serikat, pada tahun 1971. Bahasa Swedia, istilah ini disebut "kemometri" yang setara dengan "*chemometrics*" dalam bahasa Inggris. Secara umum, kemometrika dapat didefinisikan sebagai disiplin ilmu yang menerapkan teori-teori matematika, statistika, dan logika formal untuk menganalisis dan menginterpretasi data dalam konteks kimia. Menurut definisi dari *International Chemometrics Society* (ISC), kemometrika adalah cabang ilmu yang menghubungkan pengukuran yang dilakukan dalam proses atau sistem kimia dengan menggunakan prinsip-prinsip matematika dan statistika (Rohman dkk., 2021). Kemometrika merupakan penggunaan prosedur matematika yang bertujuan untuk mengelola, mengevaluasi,

dan memberikan interpretasi pada volume besar data. Penggabungan teknik spektroskopi dengan kemometrika telah menjadi pilihan umum dalam upaya pengembangan metode analisis yang memastikan kehalalan produk. Selain itu, pendekatan kombinasi ini juga telah digunakan untuk tujuan identifikasi dan pemisahan (Rafi dkk., 2016).

Kemometrika adalah suatu ilmu pengetahuan yang menghubungkan pengukuran yang dibuat pada suatu proses atau sistem kimiawi melalui penggunaan ilmu matematika dan statistika. Kemometrika banyak berhubungan dengan suatu pengukuran data multivariat yaitu data yang dihasilkan dari pengukuran banyaknya variabel pada satu sampel yang sama. Salah satu penggunaan kemometrika terutama data multivariat yaitu untuk melakukan analisis sampel menggunakan instrumen, yang nantinya akan menghasilkan variabel yang sangat banyak dan pengelompokan berdasarkan data yang diperoleh (Rohman, 2014). Kemometrika telah berkembang pesat pada awal abad ke-20, dimana yang menjadi faktor pendorongnya yaitu pada data yang dihasilkan dengan menggunakan instrumen analitik seperti spektrofotometer itu sangat melimpah datanya dan popularitas penggunaan komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunaknya yang canggih, sehingga pengolahan datanya menjadi lebih cepat, dan data-data yang rumit dapat disederhanakan, sehingga mudah diinterpretasikan (Bosque-Sendra *et al.*, 2012).

Salah satu aspek kajian dari kemometrika yaitu pemrosesan data, dimana sebelum data tersebut digunakan sebagai variabel untuk pengelompokan dengan kemometrika klasifikasi atau data tersebut digunakan untuk analisis kuantitatif dengan kemometrika kalibrasi multivariat. Hasil dari pemrosesan data selanjutnya dibandingkan dengan kinerja hasil analisis yang berupa variabel asal. Pemrosesan spektra merupakan bagian yang sangat penting dalam analisis kemometrika dalam analisis spektroskopi ini. Tujuannya adalah untuk membuat data yang sesuai untuk analisis multivariat dengan menghilangkan variasi yang tidak terkait dengan informasi sampel yang ingin dianalisis dan karenanya hanya berfokus pada variasi yang dituju. Beberapa sumber variabilitas misalkan dalam spektra inframerah dekat yang tidak diinginkan, meliputi penghamburan,

pergeseran, kecenderungan puncak naik atau turun, dan adanya *noise*. Meskipun demikian, jika pemrosesan data spektra tidak tepat akan meningkatnya risiko hilangnya informasi yang bermanfaat. Tujuan dari pemrosesan spektra adalah memaksimalkan secara signifikan adanya perbedaan-perbedaan spektrum apa pun (Rohman dkk., 2021). Salah satu jenis kalibrasi multivariat dikenal dengan istilah *Principal Component Analysis* (PCA) yaitu teknik untuk mereduksi jumlah data ketika terdapat korelasi antara variabel dan *Partial Least Square* (PLS) yaitu teknik statistika multivariat yang dapat menangani banyak variabel respon (Miller and Miller, 2010).

2.7.1 *Principal Component Analysis* (PCA)

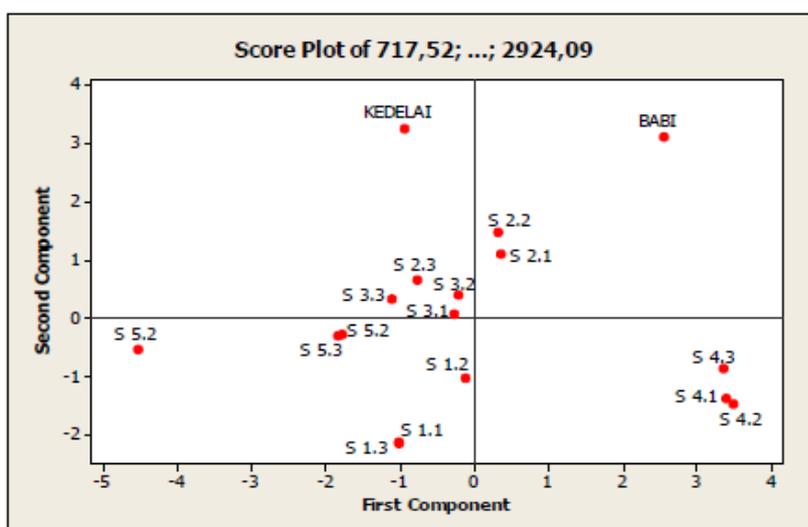
Metode *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan salah satu teknik pemrosesan data yang digunakan dalam bidang kemometrika, yang merupakan penerapan ilmu statistik dan matematika dalam analisis data kimia. *Software* ini memiliki kapasitas untuk mengelompokkan dan mengungkap hubungan antara berbagai sampel dalam dataset yang kompleks. Penggunaan metode ini biasanya dilakukan dengan bantuan perangkat lunak khusus kemometrika. Tujuan utama dari PCA adalah mengurangi dimensi dalam ruang data yang luas menjadi dimensi yang lebih sederhana dalam ruang fitur, yang pada akhirnya membantu dalam penyederhanaan deskripsi data (Pratiwi dan Agus, 2013).

PCA adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengurangi dimensi dari suatu kumpulan data dengan cara menemukan sekelompok koordinat alternatif. Proses PCA menggunakan transformasi ortogonal untuk mengubah nilai spektrum data ke dalam set nilai baru yang tidak memiliki korelasi dengan nilai spektrum awal. Kumpulan nilai baru ini disebut sebagai komponen utama (*Principal Component* atau PC). Jumlah komponen utama selalu kurang dari atau sama dengan jumlah variabel asal dalam data tersebut. Proses transformasi ini dimulai dengan memilih komponen utama pertama berdasarkan varian terbesar yang ada dalam data, kemudian komponen utama kedua dipilih berdasarkan varian terbesar yang tersisa di bawah komponen utama pertama, dan tentunya harus tidak berkorelasi dengan

komponen utama pertama. Proses ini berlanjut untuk memilih komponen utama selanjutnya dengan cara yang sama hingga seluruh komponen utama terpilih. PCA membantu menggambarkan data secara lebih sederhana dengan mengidentifikasi dan mempertahankan informasi yang paling signifikan dari data asal (Dubessy and Caumon, 2012).

Pengembangan dalam metode PCA dilakukan dengan menggunakan vektor berbasis ortogonal atau bisa disebut dengan komponen utama (*Principal Component*). Tujuan utama dari PCA yaitu untuk mengeliminasi komponen utama yang terikat dengan *noise*, sehingga dapat meminimalkan efek dari kesalahan pada pengukuran. Komponen utama merupakan suatu komponen yang dapat mengekstrak informasi sebanyak-banyaknya dari suatu data. *First Principal Component* (PC1) yang digunakan menunjukkan variasi terbanyak dalam suatu kelompok data, sedangkan *Second Principal Component* (PC2) yang digunakan untuk menunjukkan variasi terbesar kedua dari serangkaian variabel dan seterusnya (Miller and Miller, 2010).

Penelitian Utami dkk. (2018), telah dilakukan analisis kualitatif minyak babi menggunakan PCA terhadap spektrum FTIR pada rentang bilangan gelombang yang digunakan adalah $2924-717\text{ cm}^{-1}$ yang menghasilkan *score plot* yang disajikan pada Gambar 4:



Gambar 4. Hasil *Score Plot* Minyak Babi 100% dan Minyak Kedelai 100% Secara Kualitatif Menggunakan PCA (Utami dkk., 2018)

Score plot menunjukkan bahwasannya antara minyak babi dan minyak kedelai berada di kuadran 2 yang berbeda. Terpisahnya titik-titik tersebut membuktikan terpisahnya minyak babi dan minyak kedelai secara berkelompok. Menurut (Rohman, 2014), hal ini dapat memberikan penjelasan bahwa adanya perbedaan sifat fisik maupun sifat kimianya antar kelompok dari minyak babi dan minyak kedelai.

2.7.2 Partial Least Square (PLS)

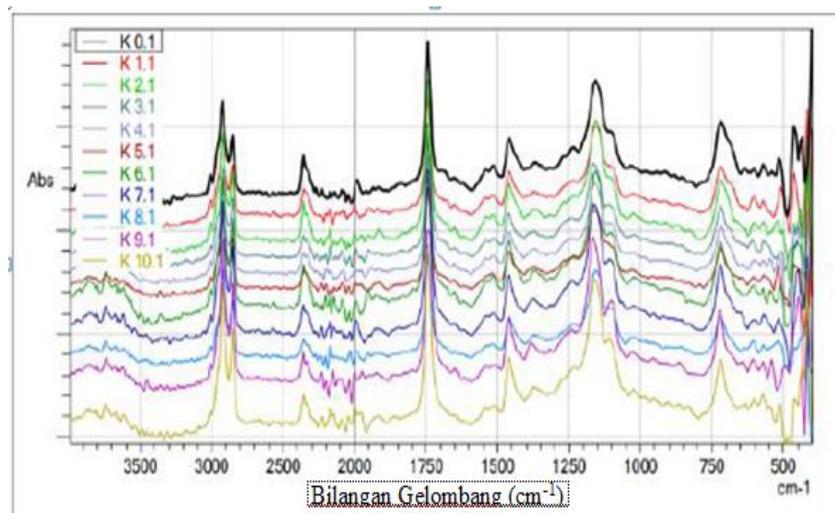
Metode *Partial Least Square* (PLS) adalah salah satu metode dari kemometrika yang menggunakan regresi linear. Teknik kalibrasi multivariat ini sangat luas untuk digunakan dalam analisis kuantitatif data spektrofotometri dan elektrokimia. Metode PLS juga digunakan untuk memperkirakan serangkaian variabel respon (tak bebas) dan variabel prediktor (bebas) dalam jumlah yang banyak, memiliki kolinieritas yang tinggi, dan memiliki struktur sistematis linear tanpa ada data yang hilang (Miller *and* Miller, 2010). Metode PLS lebih umum untuk digunakan dalam kalibrasi multivariat karena mutu dari model kalibrasi yang dihasilkan dan penerapannya mudah. Regresi PLS merupakan suatu teknik analisis multivariat yang sangat canggih, oleh sebab itu penggunaannya meningkat pada spektroskopi inframerah untuk kuantitatifnya. Ketika sebuah spektrum dari suatu sampel yang diketahui dianalisis, PLS dapat merekonstruksi spektrum dari spektra pemuat dalam memprediksi konsentrasi dari sampel yang tidak diketahui (Ahdaini, 2013).

Metode PLS merupakan suatu metode analisis regresi dengan cara menghitung algoritma pangkat minimum untuk menghubungkan dua matriks yaitu data hasil spektra dan nilai referensi. Metode ini sering digunakan untuk teknik menerjemahkan hasil informasi spektra yang saling tumpang tindih dan adanya *noise* yang dihasilkan dari instrumen. Prinsip kerja metode PLS yaitu variabel independen yang mencakup sebagian besar variabel disebut *latent factors*, sedangkan pada variabel dependen disebut dengan *latent respons*. *Latent factors* nantinya digunakan untuk memprediksi *latent respons* yang kemudian

diaplikasikan ke seluruh dependen variabel. Metode PLS dilakukan untuk modifikasi hubungan antara set variabel yang diamati dengan sejumlah kecil variabel yang diketahui dengan memasukkan regresi, alat pemodelan, dan pengurangan dimensi (Singh dkk., 2013).

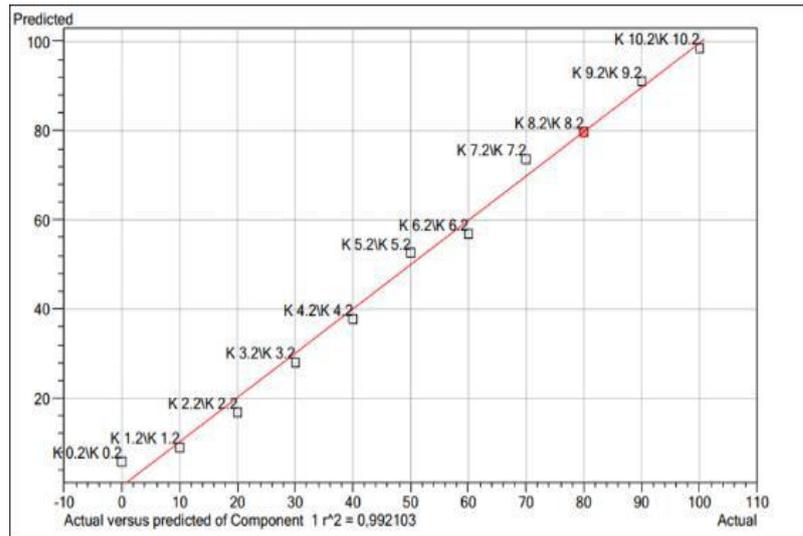
PLS menjadi salah satu teknik kalibrasi multivariat yang memiliki penerapan yang luas dalam analisis kuantitatif data spektroskopi dan elektrokimia. Teknik PLS digunakan untuk mengestimasi sejumlah variabel dependen dari sejumlah besar variabel independen (prediktor) yang tersedia. PLS memiliki kerangka kerja yang dapat bersifat linier maupun non linier, dapat diimplementasikan dengan atau tanpa pengulangan data, dan sering kali terlibat dalam situasi di mana terdapat tingkat korelasi yang tinggi antara variabel-variabel yang terlibat. Pokok dari teknik PLS adalah untuk menghitung nilai (skor) dari matriks X dan Y, serta untuk membangun model regresi yang menjelaskan hubungan antara nilai-nilai ini. PLS membantu dalam menggambarkan dan memahami hubungan antara beragam variabel dengan tujuan utama memprediksi variabel dependen berdasarkan informasi dari variabel independen (Abdollahi *et al.*, 2003).

Penelitian Utami dkk. (2018), telah dilakukan analisis kuantitatif minyak babi menggunakan PLS, dimana pada analisis PLS ini menggunakan spektrum FTIR dari sampel kalibrasi dengan seri konsentrasi minyak babi dalam campuran minyak kedelai pada konsentrasi 0-100% (v/v) yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum FTIR Kalibrasi Konsentrasi 0-100% Minyak Babi dalam Minyak Kedelai pada Bilangan Gelombang 4000-650 cm^{-1} (Utami dkk., 2018)

Analisis dengan metode PLS juga dilakukan terhadap spektrum FTIR sampel kalibrasi pada rentang bilangan gelombang 2924-717 cm^{-1} . Rentang bilangan gelombang dipilih karena menghasilkan nilai R^2 yang tinggi dan *Root Mean Error of Prediction* (RMSEP) yang kecil yang menunjukkan model kalibrasi PLS yang baik. Hasil PLS menunjukkan nilai prediksi yang baik yaitu $Y = 0,9921x + 0,3963$ dengan nilai R^2 0,992103. Hasil dari nilai RMSEP 0,0072 dan RMSEC 2,1998. Nilai R^2 yang cukup tinggi atau mendekati angka 1 menandakan bahwa spektrofotometer FTIR mampu memprediksi konsentrasi minyak babi 0-100% dalam minyak kedelai dengan baik. Nilai yang didapatkan dari RMSEP dan RMSEC tersebut mendekati 0 dimana menunjukkan bahwa tingkat kesalahan prediksi terhadap kalibrasi kecil. Berikut gambar dari grafik R^2 :



Gambar 6. Kurva Kalibrasi Hubungan Antara Kadar Sebenarnya (x) Minyak Babi dengan Nilai Prediksi Analisis PLS (y) (Utami dkk., 2018)

III . METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 hingga Januari 2024 yang berlokasi di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT LTSIT) Universitas Lampung. Analisis FTIR pada sampel standar minyak babi, minyak kedelai, minyak kelapa sawit murni, 5 sampel mi impor berbeda, dan sampel set kalibrasi dan validasi dilakukan di UPT LTSIT.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Agilent Cary 630, soxhlet, *rotary evaporator* buchi R-210, *software* Minitab 19, pipet tetes, gelas kimia, pipet ukur, bulb, gelas ukur, corong, botol semprot, sendok, botol vial, dan gunting.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah 5 sampel minyak mi impor berbeda, minyak babi murni, minyak kedelai murni, minyak kelapa sawit murni, n-Heksana, aquades, *bubble wrap*, kertas saring, tisu, es batu, dan aluminium foil.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 *Sampling* Sampel

Sebelum mengambil sampel untuk penelitian, langkah awal yang diambil adalah melakukan survei di pasar dan supermarket di Kota Bandar Lampung. Survei ini melibatkan pengamatan terhadap 5 merek mi impor yang berbeda untuk mendapatkan informasi yang melibatkan semua aspek atau aspek yang relevan untuk memahami 5 merek mi impor yang berbeda.

3.3.2 Penyiapan Standar Minyak Babi

Sampel daging babi dipotong seperti dadu tipis lalu dikeringkan di bawah sinar matahari selama kurang lebih 5 hari. Setelah sampel kering, sampel tersebut dimasukkan ke dalam kertas saring dan kemudian ditimbang untuk menentukan beratnya. Setelah itu diekstraksi menggunakan alat soxhlet dengan menggunakan pelarut n-Heksana sekitar 200 mL selama ± 4 jam selama 4 siklus. Hasil ekstrak minyak babi yang dihasilkan kemudian dievaporasi terlebih dahulu dengan suhu 40°C dan tekanan 500-150 untuk menghilangkan senyawa organik yang tersisa (Islami dkk., 2020).

3.3.3 Penyiapan Standar Minyak Kedelai

Standar minyak kedelai yang telah dibeli dalam kemasan siap pakai dari pasar diambil sebanyak 3 mL dan kemudian ditempatkan dalam sebuah wadah vial. Minyak tersebut kemudian disimpan hingga saatnya digunakan untuk analisis menggunakan spektrofotometer FTIR (Utami dkk., 2018).

3.3.4 Penyiapan Standar Minyak Kelapa Sawit

Standar minyak kelapa sawit yang telah didapatkan diambil sebanyak 3 mL dan kemudian ditempatkan dalam sebuah wadah vial. Minyak tersebut kemudian disimpan hingga saatnya digunakan untuk analisis menggunakan spektrofotometer FTIR (Utami dkk., 2018).

3.3.5 Minyak dari Sampel Bumbu Mi Impor

Minyak bumbu mi impor yang telah dibeli secara acak di pasaran dimasukkan ke dalam botol vial, kemudian minyak yang sudah di botol vial diuji menggunakan spektrofotometer FTIR (Utami dkk., 2018).

3.3.6 Kalibrasi dan Validasi

Pembuatan sampel kalibrasi dan validasi berupa pembuatan seri konsentrasi antara minyak babi dan minyak kelapa sawit atau minyak kedelai akan dibuat berdasarkan hasil *Principal Component Analysis* (PCA), karena harus melihat sampel minyak pada mi impor terlebih dahulu dengan melihat sampel lebih dominan mengelompok di minyak yang mana (Utami dkk., 2018).

Set kalibrasi terdiri dari satu minyak babi murni (100%) dan minyak murni (minyak kedelai/minyak kelapa sawit) (0%) dengan empat minyak babi campuran pada rentang konsentrasi 20, 40, 60, dan 80%. Adanya perbedaan rentang konsentrasi ini dikarenakan penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mendeteksi kemurnian dari minyak babi yang beredar di pasaran Kota Bandar Lampung. Komposisi minyak yang digunakan untuk set kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Set Kalibrasi Campuran Minyak Babi dan Minyak Lainnya (Utami dkk., 2018)

Konsentrasi	Minyak Babi	Minyak Kedelai/Minyak Kelapa Sawit	Kategori
0%	0 mL	5 mL	Minyak Murni
20%	1 mL	4 mL	Campuran
40%	2 mL	3 mL	Campuran
60%	3 mL	2 mL	Campuran
80%	4 mL	1 mL	Campuran
100%	5 mL	0 mL	Minyak Murni

Menurut Berrueta *et al.* (2007), set validasi digunakan untuk mengevaluasi reliabilitas model yang telah dibentuk oleh set kalibrasi (Berrueta *et al.*, 2007). Set validasi minyak babi murni dan minyak kedelai/minyak kelapa sawit dibuat dengan menyiapkan 7 sampel yang terdiri dari minyak kedelai/minyak kelapa sawit murni (0%), minyak babi murni (100%), dan campuran minyak babi murni dan minyak kedelai/minyak kelapa sawit yang disiapkan dengan rentang konsentrasi 10, 30, 50, 70, dan 90%. Komposisi minyak yang digunakan untuk set validasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Set Validasi Campuran Minyak Babi dan Minyak Lainnya (Utami dkk., 2018)

Konsentrasi	Minyak Babi	Minyak Kedelai/Minyak Kelapa Sawit	Kategori
0%	0 mL	5 mL	Minyak Murni
10%	0,5 mL	4,5 mL	Campuran
30%	1,5 mL	3,5 mL	Campuran
50%	2,5 mL	2,5 mL	Campuran
70%	3,5 mL	1,5 mL	Campuran
90%	4,5 mL	0,5 mL	Campuran
100%	5 mL	0 mL	Minyak Murni

3.3.7 Analisis dengan Menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Sampel sampel minyak yang telah diekstraksi dan sudah disiapkan serta kalibrasi yang telah dibuat masing-masing diletakkan pada plat ATR, kemudian melakukan optimasi dengan cara melakukan *scanning* sebanyak 32 kali pada kisaran bilangan gelombang $4000\text{--}650\text{ cm}^{-1}$ dengan resolusi 16 cm^{-1} . Setiap selesai pengukuran, plat dibersihkan dengan n-Heksana sebanyak dua kali hingga tidak ada minyak yang tertinggal, lalu dikeringkan dengan tisu (Utami dkk., 2018).

3.3.8 Analisis Data Kemometrika

Data spektrum FTIR yang akan diperoleh akan menjalani analisis menggunakan pendekatan kemometrika, yaitu *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS). Analisis kualitatif PCA digunakan untuk mengklasifikasikan dominasi jenis minyak (misalnya, minyak babi, minyak kelapa sawit, atau minyak kedelai) pada sampel mi impor dengan mengambil data absorbansi. Hasil analisis ini akan menghasilkan plot nilai skor yang memperlihatkan pengelompokan data. Sementara itu, untuk analisis kuantitatif menggunakan PLS. Setelah dari data spektrum sampel kalibrasi dan validasi, akan diperoleh nilai prediksi yang digunakan untuk pembuatan model regresi linear. Kualitas model kalibrasi ini akan dinilai berdasarkan nilai *Root Mean Square Error of Calibration* (RMSEC), yang berfungsi sebagai indikator untuk mengevaluasi berapa baik model kalibrasi yang telah dibuat (Setyaningrum dkk., 2013).

3.3.9 Analisis *Principal Component Analysis (PCA)* dan *Partial Least Square (PLS)*

Hasil dari data absorbansi spektrum FTIR selanjutnya akan diolah menggunakan metode PCA dan PLS dengan menggunakan *software* Minitab 19.

Menganalisis data pengoperasian PCA menggunakan *software* Minitab 19 dengan cara sebagai berikut:

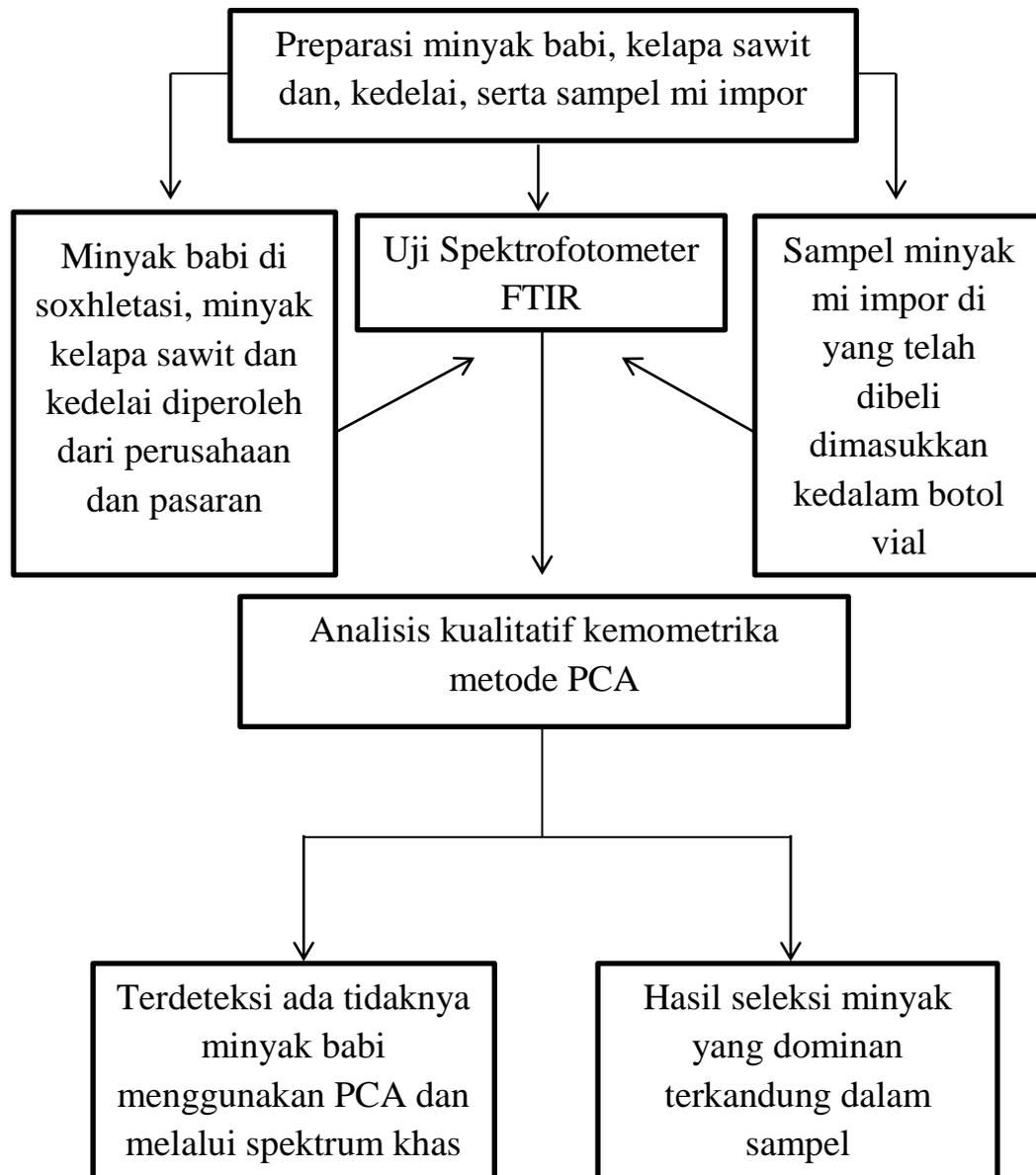
1. Dibuka Worksheet Minitab 19 kemudian dimasukkan data.
2. Untuk analisis PCA, diklik: ***Start*** → ***Multivariate*** → ***Principal Components***.
3. Dimasukkan contoh variabel ke kotak variabel.
4. Diklik *Graph*, bagian ini mengandung informasi yang penting.
5. Untuk memperoleh hasil analisis maka diklik **OK**, maka dalam windows session yang berisi output (hasil) analisis PCA. Nilai-nilai yang mengandung kontribusi variabel untuk tiap komponen. Semakin besar suatu nilai koefisien, maka semakin besar kontribusi variabel terhadap nilai principle components.
6. Untuk mengedit *graph* supaya menampilkan label tiap titik, maka diklik kanan pada grafik lalu pilih: ***Add*** → ***Data Label: Use labels from column***.
7. Diklik **OK** maka akan menampilkan hasil output (Rohman dkk., 2021).

Menganalisis data pengoperasian PCA menggunakan *software* Minitab 19 dengan cara sebagai berikut:

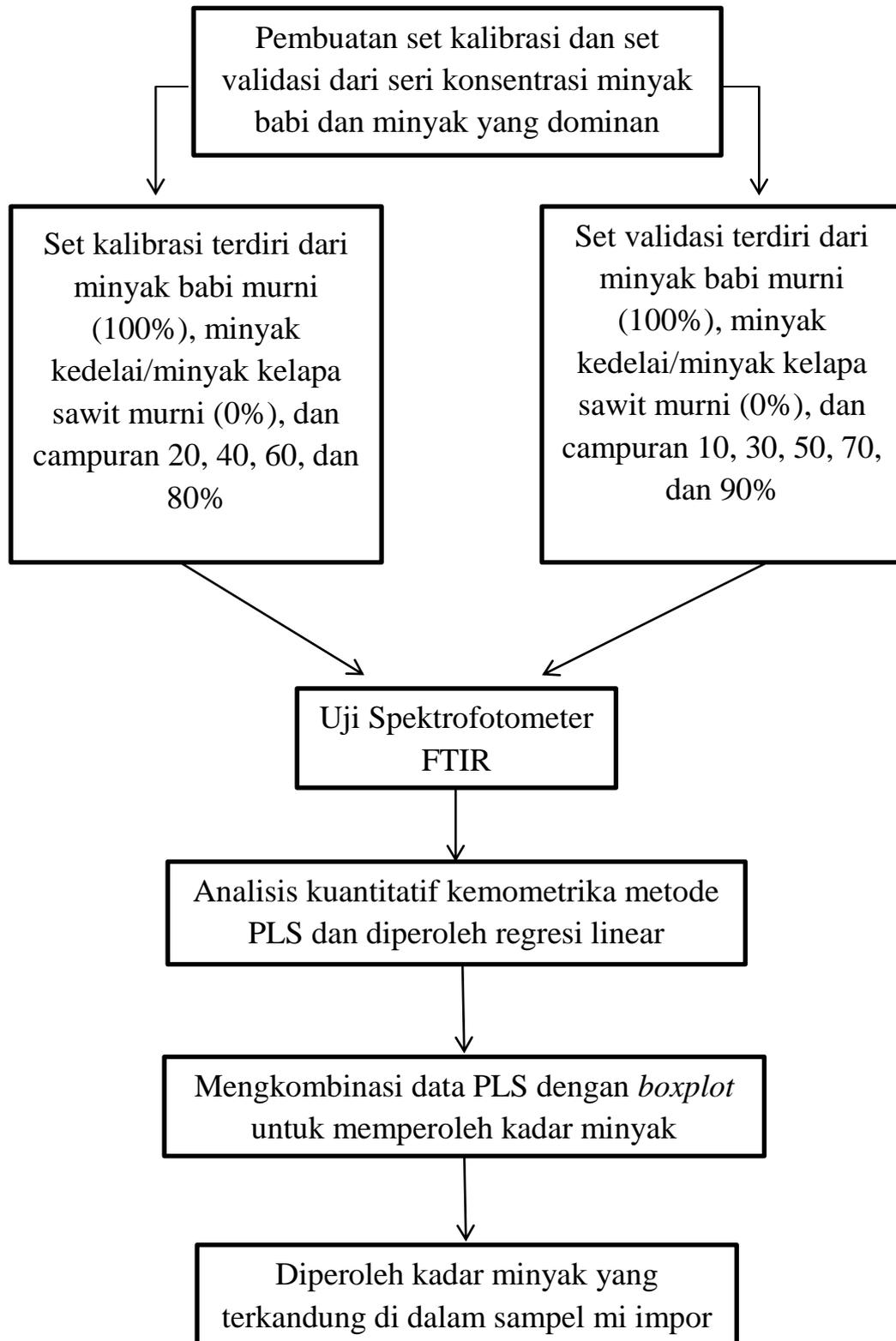
1. Dibuka jendela Minitab 19.
2. Dimasukkan data dalam *Worksheet* Minitab 19.
3. Diklik ***Start*** → ***Regression*** → ***Partial Least Square***.
4. Untuk respons diisi dengan C1, sedangkan untuk model diisi dengan A1-A6.
5. Selanjutnya untuk melakukan validasi leave one out, diklik ***Options*** → **pilih *leave one out*** → diklik **OK**, maka diperoleh output data (Rohman dkk., 2021).

Bagan alir dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:

1. Tahap Analisis Kualitatif



2. Analisis Kuantitatif

**Gambar 7.** Bagan Alir Penelitian

V . KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data analisis kualitatif, sampel mi impor pada penelitian ini sebagian besar dominan mengandung minyak kelapa sawit dan sebagian kecil mengandung minyak kedelai.
2. Kadar minyak kelapa sawit yang terkandung dalam sampel mi impor yaitu sebesar 90,9384-93,6112%.
3. Nilai kumulatif yang diperoleh dari PCA sampel terhadap standar sebesar 90,0%.
4. Nilai R^2 yang diperoleh dari set kalibrasi PLS sebesar 0,999986 dan set validasi PLS sebesar 0,999845.
5. Nilai eror yang diperoleh dari set kalibrasi PLS yaitu sebesar 0,098% dan set validasi PLS sebesar 1,39%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperlukan analisis tambahan sebagai penunjang data untuk melihat hasil uji yang lebih baik dan disarankan untuk menggunakan *software* statistika lainnya seperti Unscrambler atau yang lainnya untuk membandingkan hasil uji yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahdaini, M. P. 2013. Analisis Minyak Babi pada Krim Pelembab Wajah yang Mengandung Minyak Zaitun dengan Menggunakan *Spektroskopi Fourier Transform Infrared* (FTIR). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Akbar, M. A. 2012. Optimasi Ekstraksi *Spent Bleaching Earth* dalam *Recovery* Minyak Sawit. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.
- Abdollahi, H., Zolgharnein, J., Azimi, G. H., and Jafarifar, D. 2003. Simultaneous Spectrophotometric Determination of Iron and Vanadium by H-Point Standard Addition Method and Partial Least Squares Regression in Micellar Medium. *Journal Talanta*. 59(6):1141–51.
- Adisarwanto. 2005. *Kedelai*. PT Penebar Swadaya. Jakarta.
- Ali, M. E., Hashim, U., Mustafa, S., Che Man, Y. B., dan Islam, Kh N. 2012. Sensor Nanopartikel Emas untuk Deteksi Visual Pemalsuan Daging Babi dalam Formulasi Bakso. *Jurnal Nanomaterial*. 1–7.
- Anggraini, D. S. 2020. Pengaruh Labelisasi Halal dan Harga Terhadap Keputusan Pembelian Produk Makanan Impor dalam Kemasan. *Skripsi*. Doctoral Dissertation. UIN Sultan Thaha Saifuddin. Jambi.
- Apriyantono, A. 2001. Sistem Sertifikasi Halal di Indonesia. Seminar Pangan, Teknologi Pangan, dan Gizi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Artini, N. P. R., Mahardiananta, I. M. A., dan Nugraha, I. M. A. 2022. Rancang Bangun Chiller Berbasis Mikrokontroler untuk Evaporasi Senyawa Bahan Alam. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*. 5(1):10–16.
- Asensio, L., González, I., García, T., dan Martín, R. 2008. Determination of Food Authenticity by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). *Journal of Food Control*. 19:1–8.
- Atkins, P., Paula, J. D., and Keeler, J. 2018. *Physical Chemistry 11th Edition*. New York.
- Berrueta, Luis A., Alonso-Salces, Rosa M., dan Héberger, K. 2007. Supervised Pattern Recognition in Food Analysis. *Journal of Chromatography A*.

1158:196–214.

- Bintang, M. 2010. *Biokimia Teknik Penelitian*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Blanco. M., Bautista. M., and Alcalá. M. 2007. Preparing Calibration Devices for Use in Pharmaceutical Analysis with NIR Spectroscopy. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 97(3):1236–45.
- Bosque-Sendra, J. M. Cuadros-Rodríguez, L., Ruiz-Samblás, C., and de la Mata, A. P. 2012. Combining Chromatography and Chemometrics for the Characterization and Authentication of Fats and Oils from Triacylglycerol Compositional Data—A Review. *Journal of Analytical Chemistry*. 724:1–11.
- Buana, D. L., dan Fajriati, I. 2019. Karakterisasi Lemak Sapi dan Lemak Babi dalam Bakso Menggunakan FTIR Spectroscopy. *Indonesia Journal of Halal*. 2(1):15–22.
- Citra, D. 2015. Penentuan Adulterasi Daging Babi pada Nugget Ayam Menggunakan NIR dan Kemometrika. *Skripsi*. Fakultas Farmasi Universitas Jember. Jawa Timur.
- Darsyah, M. Y. 2014. Penggunaan Stem and Leaf dan Boxplot untuk Analisis Data. *Jurnal Pendidikan Matematika*. 1(1):55–67.
- Delíce, A. 2010. The Sampling Issues in Quantitative Research. *Journal Educational Sciences: Theory and Practices*. 10(4):2001–19.
- Dubessy, J and Caumon, M. C. 2012. *Raman Spectroscopy Applied to Earth Sciences and Cultural Heritage*. EMU and The Mineralogical Society Of Great Britain & Ireland. London.
- Firmansyah, D., dan Dede. 2022. Teknik Pengambilan Sampel Umum dalam Metodologi Penelitian: Literature Review. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik (JIPH)*. 1(2):85–114.
- Ghilma, I. I. 2018. Pengaruh Label Halal dan Dukungan Sosial Terhadap Perilaku Pembelian Mi Instan Impor pada Pelanggan Indomaret Ngemplak. *Skripsi*. Yogyakarta.
- Gunstone, F. D. 2011. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. Second Edition. Wiley - Blackwell Publishing Ltd. Oxford.
- Guntarti, A., Martono, S., Yuswanto, A., and Rohman, A. 2015. FTIR Spectroscopy in Combination with Chemometrics for Analysis of Wild Boar Meat in Meatball Formulation. *Asian Journal of Biochemistry*. 2–8.
- Harsanto, P. W. 2009. Gaya Hidup Modern dan Iklan (Budaya Makan Mi Instan sebagai Identitas). *Jurnal Gaya Hidup Modern dan Iklan*. 7(1):77–87.
- Hashim, D. M., Che Man, Y. B., Norakasha, R., Shuhaimi, M., Salmah, Y., dan Syahariza, Z. A. 2010. Potensi Penggunaan Spektroskopi Inframerah

- Transformasi Fourier untuk Diferensiasi Gelatin Sapi dan Babi. *Jurnal Kimia Pangan*. 118:856–60.
- Hasibuan, H. A. 2021. Pengolahan dan Peluang Pengembangan Produk Pangan Berbasis Minyak Sawit di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 40(2):111–24.
- Hasyim, Asy'ari. 2011. *Kriteria Makanan Halal dalam Perspektif Ibnu Hazm dan MUI*. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Herlina, N. 2002. *Lemak dan Minyak*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hermanto, S., Harahap, R., dan Chevtia, E. 2008. Profil dan Karakteristik Lemak Hewani (Ayam, Sapi, dan Babi) Hasil Analisa FTIR dan GCMS. *Jurnal Kimia Valensi*. 1(3):102–9.
- Hilda, Lelya. 2013. Pandangan Sains Terhadap Haramnya Lemak Babi. *Jurnal Logaritma*. 1(1):35–46.
- Idris, M. 2017. Banyak mi instan impor masuk ri, dari mana asalnya? Diakses 25 Agustus 2023.
- Irwandi, J., Saeed, M. E., Torla, H., and Zaki, M. 2003. Determination of Lard in Mixture of body fats of Mutton and Cow by Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *J. Oleo Sci*. 52(12), 633-638.
- Islami, M. N., Fatahillah, R., Suriana, S., Wati, A., dan Aini, S. K. 2020. Analisis Lemak Babi pada Bakso Menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR). *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 3(2):75–78.
- Kurniadi, A. dan Sutikno. 2018. Analisis Spasial Persebaran dan Pemetaan Kerawanan Kejadian Kasus Demam Berdarah Dengue di Kabupaten Lumajang dengan Spatial Pattern Analysis dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 7(2).
- Maulidia, Rahmah. 2013. Urgensi Regulasi dan Edukasi Produk Halal Bagi Konsumen. *Jurnal Justitia Islamica*. 10(2):359–90.
- Megawati, S. D., Fauziyah, B., Maimunah, S., dan Wafi, A. 2020. Profil FTIR Minyak Ikan dan Lemak Babi serta Perbandingannya sebagai Dasar Penentuan Autentifikasi Halal. *Journal of Chemistry*. 8(1):9–17.
- Melwita, E., Fatmawari., dan Oktaviani, S. 2014. Ekstraksi Minyak Biji Kapuk dengan Metode Ekstraksi Soxhlet. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(20):23.
- Miller, J. N., and Miller, J. C. 2010. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*. 6th Ed. Essex : Pearson Pendidikan Terbatas.
- Muharrami, L. K. 2013. Penentuan Kadar Kolesterol dengan Metode Kromatografi Gas. *Jurnal Agrotek*. 5(1):28–32.
- Mulyani dan Sujarwanta, A. 2018. *Lemak dan Minyak*. Lembaga Penelitian UM

Metro. Kota Metro.

- Munawaroh, S., Handayani, P., dan Astuti. 2010. Ekstraksi Minyak Daun Jeruk Purut (*Citrus Hystrix* D. C) dengan Pelarut Etanol dan N-Heksana. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 2(1):73–78.
- Nollet, L. M. L., dan Todra, F. 2015. *Buku Pegangan Pangan Analisis, Edisi Ketiga*. CRC Press. Amerika Serikat.
- Nurjuliana, M., Che Man, Y. B., Mat Hashim, D., dan Mohamed, A. K. S. 2011. Identifikasi Cepat Daging Babi untuk Autentikasi Halal Menggunakan Spektrometer Massa Kromatografi Hidung dan Gas Elektronik dengan Analisis Headspace. *Jurnal Ilmu Daging*. 88:638–44.
- Pamuka, D, A. 2016. Deteksi Minyak Babi dalam Minyak Wijen Menggunakan Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan Kemometrika. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Pfister, M K-H., Horn, B., Riedl, J., Esslinger, S., and Fahl-Hassek, C. 2018. Vibrational Spectroscopy in Practice: Detection of Mineral Oil in Sunflower Oil with near- and Mid-Infrared Spectroscopy. *Journal NIR News*. 29(3):6–11.
- Prabawati, S, Y., dan Fajriati, I. 2018. Analisis Lemak Sapi dan Lemak Babi Menggunakan Gas Chromatography (GC) dan Fourier Transform Infra Red Spectroscopy Second Derivative (FTIR-2D) untuk Autentifikasi Halal. *Indonesia Journal of Halal*. 1(2):89–96.
- Pratiwi, D. E., dan Agus, H. 2013. *Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis)*. FMIPA UGM. Yogyakarta.
- Priscilla, Retnowati. Seribu Pena Kimia untuk SMS/MA Kelas XII. 2009. Erlangga. Jakarta.
- Pulungan, R. A. 2019. Perubahan Sifat Fisik Minyak Kedelai yang Bercampur dengan Minyak Babi. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Medan.
- Putra, S. F., Pradina, R., dan Hafidz, I. 2016. Feature Selection pada Dataset Faktor Kesiapan Bencana pada Provinsi di Indonesia Menggunakan Metode PCA (Principal Component Analysis). *Jurnal Teknik ITS*. 5(2):88–92.
- Rafi, M., Anggundari, W. C. dan Irawadil, T. T. 2016. Potensi Spektroskopi FT-IR-ATR dan Kemometrik untuk Membedakan Rambut Babi, Kambing, dan Sapi. *Jurnal Ilmu Kimia Indonesia*. 5(3):229–34.
- Rasyid, M. H. 2015. Peranan Undang-Undang Jaminan Produk Halal dalam Menjamin Kehalalan Makanan dan Minuman. *Jurnal Syariah* 3. 1(1):4–27.
- Rohaeti, E., Rafi, M., Syafitri, U. D., dan Heryanto, R. 2015. Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier Dikombinasikan dengan Kemometrik untuk

- Diskriminasi Curcuma Longa, Curcuma Xanthorrhiza dan Zingiber Cassumunar. *Jurnal Spectrochimica Acta - Bagian A: Spektroskopi Molekuler dan Biomolekuler*. 137:1244–49.
- Rohman, A., and Che Man, Y. B. 2012. Authentication of Extra Virgin Olive Oil from Sesame Oil Using FTIR Spectroscopy and Gas Chromatography. *International Journal of Food Properties*. 15:1309–18.
- Rohman, A., Irnawati., dan Risnawanto, F, D, O. 2021. *Kemometrika*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Rohman, A. 2014. *Spektroskopi Inframerah dan Kemometrika untuk Analisis Farmasi*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Rosman, N. N., Mokhtar, N. F. K., Ali, M. E., dan Mustafa, S. 2016. Efek Penghambatan Komponen Cokelat Terhadap Deteksi Lard pada Cokelat Menggunakan Real Time PCR. *Jurnal Internasional Properti Pangan*. 19(11):2587–95.
- Saragih, V. D., Melaca, K. M., Darmawan, R., dan Hendrianie, N. 2018. Pra Desain Pabrik CPO (Crude Palm Oil) dan PKO (Palm Kernel Oil) dari Buah Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik ITS*. 7(1):181–83.
- Sari, D. I. 2018. Perlindungan Hukum Atas Label Halal Produk Pangan Menurut Undang-Undang. *Jurnal Ilmiah Hukum Kenotariatan*. 7(1):1–14.
- Setiadi, H. 2022. Orang RI Rakus Makan Mi Instan, Untung Besar Jualan di Dunia. Diakses 25 Agustus 2023.
- Setyaningrum, D.L., Riyanto, S., dan Rohman, A. 2013. Analisis Minyak Jagung dan Kedelai dalam Minyak Buah Merah Menggunakan Spektroskopi FTIR dengan Kombinasi Partial Least Square. *Jurnal Riset Pangan Internasional*. 20(4):1977–81.
- Simamora, A. C. Y., Yusasrini, N. L. A., dan Putra, I. N. K. 2021. Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Tenggulun (*Protium Javanicum* Burm. F) Menggunakan Metode Maserasi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*. 10(4):681–89.
- Singh, I., Juneja, P., Kaur, B., dan Kumar, P. 2013. Aplikasi Farmasi Teknik Kemometrik. *Kimia Analitik ISRN*. 2013:1–13.
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheshwari, H., dan Astuti, P. 2015. Aplikasi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Pengamatan Pembengkakan Genital pada Spesies Primata, Lutung Jawa (*Trachypithecus Auratus*) untuk Mendeteksi Masa Subur. *Jurnal Kedokteran Hewan*. 9(2):156–60.
- Suseno, J.E dan Firdausi, K. S. 2008. Rancang Bangun Spektroskopi FTIR untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Jurnal Berkala Fisika*. 11(1):23–28.
- Suyanti. 2008. *Membuat Mi Sehat Bergizi dan Bebas Pengawet*. Penebar Swadaya. Depok.

- Syahriza, Z. A., Che Man, Y. B., Selamat, J., and Bakar, J. 2005. Detection of Lard Adulteration in Cake Formulation by Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *Journal Food Chemistry*. 92(2):365–71.
- Thoha, M. Y., dan Arfan, N. S. 2008. Pengaruh Suhu Waktu dan Konsentrasi Pelarut pada Ekstraksi Minyak Kacang Kedelai sebagai Penyedia Vitamin E. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Taufik, M., Ardilla, D., Tarigan, Dafni, M, Thamrin, M., Razali, M., Dan, and M. I. Afritario. 2018. Studi Awal: Analisis Sifat Fisika Lemak Babi Hasil Ekstraksi pada Produk Pangan Olahan. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*. 1(2):79–85.
- Triesty, I., dan Mahfud. 2018. Ekstraksi Minyak Atsiri dari Gaharu dengan Metode Microwave Hydrodistillation dan Soxhlet Extraction. *Jurnal Teknik ITS*. 6(2):392–95.
- Utami, P. I., Rahayu, W. S., Nugraha, I., dan Rochana, A. N. 2018. Analisis Asam Lemak Lipid yang Diekstrak dari Tikus dengan Metode Kromatografi Gas-Spektrometri Massa. *Jurnal Seri Konferensi IOP: Ilmu dan Teknik Material*. 288.
- Utami, P. I., Ryandita, I., dan Sundhani, E. 2018. Fourier Transform Infra Red Spectroscopy untuk Identifikasi Minyak Babi dalam Minyak Bumbu Mi Instan Impor. *Jurnal URECOL*. 686–94.
- Vacawati, W. D., Kuswandi, B. dan Wulandari L., (2013), Deteksi Lemak Babi dan Lemak Ayam menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR)* dan Kemometrika sebagai Verifikasi Halal. *Skripsi*. Universitas Jember. Jember.
- Winarno, F. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wulandari, D., Prahasto, T., dan Gunawan, V. 2016. Penerapan Principal Component Analysis untuk Mereduksi Dimensi Data Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Pendidikan di Sekolah. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*. 6(2):91–96.