

**ANALISIS DAN AUTENTIKASI MINYAK KELAPA MURNI
MENGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER TRANSFORM*
INFRARED (FTIR) DAN KEMOMETRIKA**

(Skripsi)

Oleh

NADIA ANINDHITA



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

ABSTRAK

ANALISIS DAN AUTENTIKASI MINYAK KELAPA MURNI MENGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER TRANSFORM* *INFRARED* (FTIR) DAN KEMOMETRIKA

Oleh

Nadia Anindhita

Minyak kelapa murni dikenal sebagai produk rempah dengan nilai jual tinggi berkat kualitasnya yang kaya akan asam lemak bermanfaat bagi tubuh. Tingginya harga minyak kelapa murni telah memicu praktik pencampuran dengan minyak nabati lainnya seperti minyak kedelai, kelapa sawit dan, minyak jagung. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemurnian minyak kelapa murni yang beredar di pasar Bandar Lampung dan mengevaluasi validitas metode spektrofotometri FTIR serta kemometrika. Metode penelitian meliputi pengumpulan sampel minyak kelapa murni yang beredar di Bandar Lampung, penyiapan standar minyak, analisis menggunakan spektrofotometri FTIR, dan analisis hasil FTIR dengan metode PCA dan PLS menggunakan perangkat lunak Minitab. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa minyak kelapa murni dapat dibedakan dari minyak kedelai, jagung, dan kelapa sawit. Model PLS pada set kalibrasi menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,9997 dengan nilai RMSEC sebesar 0,0001562%, sementara pada set validasi nilai R^2 sebesar 0,999 dengan nilai RMSEP sebesar 0,854%. Hal ini menunjukkan bahwa model yang dibuat sudah baik serta tingkat kesalahan yang rendah. Berdasarkan prediksi menggunakan model PLS yang dikombinasikan dengan Box plot, kemurnian minyak kelapa murni berkisar antara 91% hingga 95%.

Kata kunci: Minyak kelapa murni, minyak nabati, spektrofotometri FTIR, kemometrika.

ABSTRACT

ANALYSIS AND AUTHENTICATION OF PURE COCONUT OIL USING FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR) SPECTROPHOTOMETRY AND CHEMOMETRICS

By

Nadia Anindhita

Virgin coconut oil is known as a high-value spice product due to its quality rich in beneficial fatty acids for the body. The high price of virgin coconut oil has triggered the practice of blending with other vegetable oils such as, soybean oil, palm oil, and corn oil. Therefore, this study aims to identify the purity of virgin coconut oil circulating in the Bandar Lampung market and evaluate the validity of FTIR spectrofotometry and chemometrics methods. The research method includes collecting samples of virgin coconut oil circulating in Bandar Lampung, preparing oil standards, analyzing using FTIR spectrofotometry, and analyzing FTIR results using PCA and PLS methods with Minitab software. PCA analysis results show that virgin coconut oil can be distinguished from soybean, corn, and palm oil. The PLS model in the calibration set produces an R^2 value of 0.9997 with an RMSEC value of 0.0001562%, while in the validation set, the R^2 value is 0.999 with an RMSEP value of 0.854%. This indicates that the model created is good and has a low error rate. Based on predictions using the PLS model combined with a Box plot, the purity of virgin coconut oil is estimated to range from 91% to 95%.

Keywords: Virgin coconut oil, vegetable oil, FTIR spectroscopy, chemometrics

**ANALISIS DAN AUTENTIKASI MINYAK KELAPA MURNI
MENGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER TRANSFORM*
INFRARED (FTIR) DAN KEMOMETRIKA**

Oleh

NADIA ANINDHITA

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 : **ANALISIS DAN AUTENTIKASI MINYAK
KELAPA MURNI MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER*
TRANSFORM INFRARED (FTIR) DAN
KEMOMETRIKA**

Nama : **Nadia Anindhita**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017011003

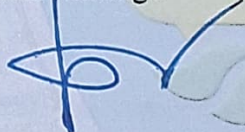
Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

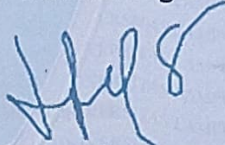
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



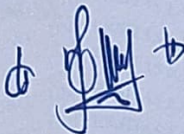
Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.
NIP. 197110301997031003

Pembimbing II



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

2. Ketua Jurusan Kimia



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

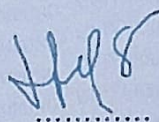
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

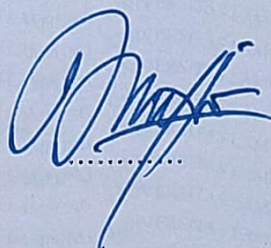


Sekretaris : **Dr. Irwan Saputra, M.Si.**



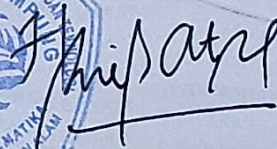
Penguji

Bukan Pembimbing — : **Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **21 Juni 2024**

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nadia Anindhita
NPM : 2017011003
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya berjudul “**Analisis dan Autentikasi Minyak Kelapa Murni Menggunakan Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan Kemometrika**” adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, hasil dan analisisnya. Selanjutnya saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

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

Bandar Lampung, 24 Juni 2024
Yang Menyatakan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow revenue stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem, the text 'SEPULUH RIBU RUPIAH', '10000', 'METERAI TEMPORER', and a serial number 'AC 547ALX24195039'.

Nadia Anindhita
NPM. 2017011003

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Nadia Anindhita, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 22 Mei 2002. Penulis merupakan putri pertama dari pasangan Bapak Lutpi, S.Ag., dan almarhumah Ibu Rosadawati, S.Pd. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jalan Merpati, Tanjung Agung, Tanjung Karang Timur, Bandar Lampung, Lampung. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 2 Rawa Laut Bandar Lampung pada tahun 2014. Kemudian, melanjutkan pendidikan ke SMPN 1 Bandar Lampung hingga 2017. Penulis menamatkan pendidikan menengah atasnya di SMAN 1 Bandar Lampung pada tahun 2020. Selanjutnya, penulis diterima di Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun yang sama.

Selama masa kuliah, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia, khususnya di Biro Kesekretariatan pada tahun 2021. Penulis juga terlibat sebagai *volunteer* dalam kegiatan Mahidana *Local Project* 13.0 yang diselenggarakan oleh AIESEC Unila pada bulan Januari tahun 2024. Selain itu, penulis pernah mengikuti pelatihan bahasa Inggris di Standard Gandhi English Language Centre pada tahun 2022 serta pelatihan instrumen FTIR, UV-Vis, HPLC, AAS, XRF dan XRD secara online yang dilaksanakan oleh Teman Lab pada tahun 2024.

Penulis melaksanakan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Batu Api, Kecamatan Pagar Dewa, Kabupaten Lampung Barat, Lampung pada periode II bulan Desember 2022 hingga Januari 2023. Selain itu, Penulis melaksanakan Praktik Kerja

Lapangan (PKL) di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bandar Lampung pada bulan Juni hingga Juli 2023, yang berlokasi di Jalan. Soekarno Hatta No. 51 Rajabasa Raya, Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung. Penulis menyelesaikan penelitian yang dilakukan di Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung dengan judul "**Analisis dan Autentikasi Minyak Kelapa Murni Menggunakan Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Kemometrika**".

MOTTO

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik untuk dirimu sendiri dan jika kamu berbuat jahat, maka (kejahatan) itu untuk dirimu sendiri.”

(Q.S. Al Isra: 7)

“I never lose, either I win or I learn.”

(Nelson Mandela)

“I Know that I know nothing.”

(Socrates)

“Berusaha, berdoa, dan bertawakal.”

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan rahmat, hidayah, dan nikmat-Nya, karya ini kupersembahkan sebagai ungkapan terima kasih dan cinta kepada:

Ayah, almarhumah Ibu, Uak, dan Ibu yang telah membesarkan, mendidik, dan selalu menyertai setiap langkahku dengan kasih sayang serta doa yang tulus.

Adik-adikku yang selalu memberikan dukungan dan doa dalam setiap usahaku

Pembimbing dan penguji penelitianku:

Bapak Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.

Bapak Dr. Irwan Saputra, M.Si.

Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.

Terima kasih atas bimbingan, nasihat, dan ilmu yang telah diberikan selama ini.

Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung atas dedikasi, ilmu, dan bimbingan yang tak ternilai harganya.

Keluarga besar dan sahabat-sahabatku yang selalu memberikan dukungan moral dan spiritual, terima kasih atas segala doa dan motivasinya.

Teman-teman Kimia 2020 yang senantiasa memberikan semangat dan kebersamaan dalam suka maupun duka selama menyelesaikan studi ini.

Serta

Almamaterku tercinta

Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillahirabbila'lamin. Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmad dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis dan Autentikasi Minyak Kelapa Murni Menggunakan Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Kemometrika”** Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, kritik, saran, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini sebagai wujud rasa hormat, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT, atas nikmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Sonny Widiarto, M.Sc. selaku Pembimbing Utama atas seluruh dedikasinya dalam memberikan bimbingan, ilmu, nasihat, dukungan, kritik, dan saran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Irwan Saputra, M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang senantiasa membimbing, memberikan arahan, dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan ilmu, arahan, kritik, dan saran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Ibu Dra. Aspita Laila, M.S. selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing, memberikan arahan, dan dukungan kepada penulis selama menjalani perkuliahan di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Ibu Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu Dosen, laboran, staf, serta karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman kepada penulis selama kuliah.
9. Bapak, almarhumah Ibu, Uak, dan Ibu yang senantiasa mendoakan, mendukung, mendengarkan, dan memberikan cinta, kasih sayang, nasihat, serta motivasi kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan perkuliahan ini dengan baik.
10. Adik-adikku yang senantiasa memberikan doa dan dukungan untuk penulis.
11. Sahabat-sahabatku, CLD (Umi, Tinor, Ani, Adel, Arum, dan Ica), yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan semangat, dan dukungan sejak masa SMA.
12. Sahabat-sahabatku, Laprak (kak Meng, kak Encess, kak Poy, dek Buy, dan dek Kur), yang selalu menemani dan mendengarkan penulis, memberi nasihat, dukungan, dan candaan.
13. Lisa Rahmawati yang selalu mendengarkan keluh kesah, membantu, dan memberikan dukungan kepada penulis.
14. M. Dwi Febriyanto, Safitri Hauratul, dan Sylfia Aini sebagai teman seperbimbingan dalam penelitian yang telah banyak membantu, memberikan dukungan, dan bekerja sama sehingga penelitian dan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
15. Kak Raisha, Kak Triana, dan Kak Widya yang telah banyak membantu dan memberi arahan kepada penulis saat melaksanakan penelitian.
16. Sobat Biokim (Maria, Defa, Bunga cantik, Avi, Anggun, Stephani, Geo, Najla, Mamad, Ica, Yana, Muti, Ribka, Ratih, dan Carlos) yang selalu menghibur satu sama lain.

17. Amelia Mareta, Mitha Nurmaya, Elsa Fitrianingsih, Intan Aldara, Yurita Renaria, dan M. Rafli Akbar yang telah membantu dan mengarahkan dalam persiapan berkas wisuda.
18. Para asisten praktikum kimia yang telah bekerja dengan penuh dedikasi dalam melaksanakan praktikum, memberikan bimbingan, serta berbagi pengetahuan yang berharga kepada penulis selama kuliah di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
19. Teman-teman kelas A yang telah kebersamai penulis melewati semester demi semester.
20. Seluruh keluarga dan kerabat terdekat yang senantiasa mendoakan penulis.
21. Teruntuk diriku, terima kasih telah berjuang sejauh ini dan tidak pernah menyerah. Terima kasih telah bekerja keras, belajar dengan tekun, dan tetap bersemangat meskipun banyak rintangan. Terima kasih telah berdamai dengan segala hal yang terjadi dan terus maju dengan keyakinan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan dalam setiap langkahmu. Tetaplah berusaha dan percaya pada dirimu sendiri.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat beberapa ketidaksempurnaan. Namun, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Bandar Lampung, 28 Juni 2024

Nadia Anindhita

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kelapa.....	5
2.1.1 Minyak Kelapa Murni.....	6
2.1.2 Manfaat Minyak Kelapa Murni.....	7
2.2 Minyak Kacang Kedelai.....	7
2.3. Minyak Jagung.....	9
2.4. Minyak Kelapa Sawit.....	9
2.5 Teknik Sampling.....	10
2.6 Ekstraksi.....	13
2.6.1 Sokletasi.....	13
2.7 Spektrofotometri FTIR.....	14
2.7.1 Prinsip Dasar.....	14
2.7.2 Spektrum Hasil Analisis FTIR.....	15
2.7.3 Kelebihan.....	16
2.7.4 Puncak Minyak Kelapa Murni.....	16
2.8 Kemometrika.....	17
2.8.1 <i>Principle Component Analysis</i> (PCA).....	18
2.8.2 <i>Partial Least Square</i> (PLS).....	19
2.8.3 Kelebihan Kemometrika.....	19
III. METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21

3.2	Alat dan Bahan.....	21
3.3	Prosedur Penelitian	21
3.3.1	Sampling Sampel Kelapa Murni	21
3.3.2	Persiapan Minyak Standar.....	22
3.3.3	Analisis Spektrofotometri FTIR.....	23
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1.	Lokasi Sampling Minyak Kelapa Murni.....	28
4.2.	Persiapan Minyak Standar	29
4.2.1	Standar Minyak Kelapa	29
4.2.2	Standar Minyak Kedelai.....	29
4.2.3	Standar Minyak Jagung.....	30
4.2.4	Standar Minyak Kelapa Sawit.....	30
4.3.	Hasil Karakterisasi FTIR	30
4.3.1	Minyak Standar	30
4.3.2	Sampel Minyak Kelapa Murni	33
4.4.	Analisis PCA.....	35
4.4.1	Standar dan Sampel	35
4.5.	Hasil Karakterisasi FTIR	39
4.5.1	Set Kalibrasi	39
4.5.2	Set Validasi.....	41
4.6.	Analisis PLS.....	42
4.6.1	Pemodelan Kalibrasi dengan PLS	43
4.6.2	Evaluasi Model Kalibrasi dengan Set Validasi Menggunakan PLS ...	44
4.6.3	Deteksi Kemurnian Sampel Minyak Kelapa Murni Menggunakan <i>Boxplot</i>	45
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1.	Kesimpulan	47
5.2.	Saran	48
	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Murni	6
2. Komposisi Asam Lemak Minyak Kedelai	8
3. Komposisi Asam Lemak Minyak Jagung	9
4. Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Sawit	10
5. Puncak Minyak Kelapa Murni	17
6. Konsentrasi Minyak Standar untuk Set Kalibrasi	23
7. Konsentrasi Minyak Standar untuk Set Validasi	24
8. Puncak Utama Spektrum FTIR Minyak Standar	32
9. Bilangan Iodin.....	32
10. Puncak Utama Spektrum FTIR Sampel Minyak Kelapa Murni	34
11. Nilai Eigen Korelasi dengan Matriks.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pohon Kelapa.....	6
2. Struktur Asam Lemak Dominan Pada Minyak Kelapa Murni.....	7
3. Struktur Asam Lemak Dominan Pada Minyak Kedelai.....	8
4. Struktur Asam Lemak Dominan Pada Minyak Jagung.....	9
5. Struktur Asam Lemak Dominan Pada Minyak Kelapa Sawit.....	10
6. Peralatan Metode Sokletasi.....	13
7. Spektrofotometer FTIR.....	14
8. Prinsip Kerja.....	15
9. Plot <i>Score</i> Klasifikasi Minyak Kelapa Murni (C1-C6), Minyak Kelapa Sawit (P1-P6), dan Adulteran (A1-A6).....	18
10. Kurva Kalibrasi Hubungan Antara Nilai Sebenarnya dan Nilai Prediksi	19
11. Bagan Alir Penelitian.....	27
12. Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	28
13. Standar Minyak yang digunakan.....	29
14. Spektrum FTIR Standar Minyak.....	31
15. Spektrum FTIR Minyak Standar yang Telah dipisahkan.....	31
16. Spektrum FTIR Sampel Minyak Kelapa Murni.....	33

17. Spektrum FTIR Sampel Minyak Kelapa Murni yang Telah dipisahkan.....	34
18. Grafik Antara Bilangan Gelombang yang digunakan dengan Nilai Eigen.	37
19. Score Plot PCA Minyak Standar dan Sampel Minyak Kelapa Murni.	38
20. Plot 3D PCA Minyak Standar dan Sampel Minyak Kelapa Murni.	39
21. Spektrum FTIR Set Kalibrasi.....	39
22. Spektrum FTIR Set Kalibrasi yang Telah dipisahkan.....	40
23. Spektrum FTIR Set Validasi.	41
24. Spektrum FTIR Set Validasi yang Telah dipisahkan.	42
25. Model PLS Set Kalibrasi.....	43
26. Model PLS Set Validasi.....	44
27. Boxplot Kemurnian Sampel Minyak Kelapa Murni.	45
28. Kelapa Tua Parut.....	55
29. Santan Kelapa.....	55
30. Pengadukan Santan Kelapa.....	56
31. Pemisahan Minyak Kelapa.....	56
32. Penghalusan Biji Kedelai.	57
33. Biji Kedelai Halus.	57
34. Serbuk Biji Kedelai.....	58
35. Sokletasi Serbuk Biji Kedelai.	58
36. Evaporasi Hasil Sokletasi.....	59
37. Standar Minyak.	59
38. Sampel Minyak Kelapa.....	60
39. Set Kalibrasi.....	60

40. Set Validasi.	61
41. Data Analisis PCA.	61
42. Proses Analisi PCA.	62
43. Analsis PCA.	62
44. Data Analisis PLS.	63
45. Proses Analisis PLS.	63
46. Pemilihan Teknik Analisis.	64
47. Data Hasil Analisis PLS Set Kalibrasi.	64
48. Data Hasil Analisis PLS Set Validasi.	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1.Kelapa Tua yang Sudah diparut.....	55
2. Kelapa Parut yang Sudah diperas Menjadi Santan.	55
3. Proses Pengadukan Santan.....	56
4. Proses Pemisahan Minyak.....	56
5. Proses Penghalusan Biji Kacang Kedelai.	57
6. Proses Penyaringan Serbuk Kacang Kedelai.	57
7. Serbuk Biji Kacang Kedelai.....	58
8. Proses Sokletasi Biji Kacang Kedelai.....	58
9. Proses Evaporasi Hasil Sokletasi.	59
10. Standar Minyak yang digunakan.....	59
11. Sampel Minyak Kelapa Murni yang digunakan.....	60
12. Set Kalibrasi.....	60
13. Set Validasi	61
14. Proses Analisis PCA dengan <i>Software</i> Minitab.....	61

15. Proses Analisis PLS dengan <i>Software</i> Minitab.....	63
---	----

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak tahun 2020 telah terjadi peningkatan penggunaan bahan alami, seperti minyak nabati. Minyak ini banyak digunakan atau dikonsumsi oleh masyarakat. Indonesia merupakan salah satu produsen minyak nabati terbesar di dunia (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2017). Namun, minyak nabati karena banyak penggunaan, minyak nabati menjadi salah satu bahan makanan yang rentan dipalsukan. Pemalsuan makanan tersebar luas di banyak negara berkembang, termasuk India, Tiongkok, Ethiopia, Meksiko, Pakistan, Bangladesh, Vietnam, Indonesia, Afghanistan, dan Somalia (Haji *et al.*, 2023). Salah satu minyak nabati yang sering dipalsukan adalah minyak kelapa murni (*Virgin Coconut Oil* atau VCO).

Minyak kelapa murni telah banyak diketahui oleh masyarakat sebagai produk kesehatan, makanan, dan kecantikan. Minyak ini banyak mengandung asam lemak yang bermanfaat untuk aktivitas biologis seperti, antioksidan, anti inflamasi, anti trombotik, dan anti bakteri (Dumancas *et al.*, 2016). Berdasarkan banyaknya manfaat dari minyak ini, di pasar harga minyak kelapa murni 10-20 kali lebih tinggi dibandingkan minyak nabati biasa seperti minyak kedelai, sawit, dan minyak jagung. Fakta ini menarik perhatian pihak yang tidak bermoral. Beberapa produsen minyak kelapa murni mencampurkan minyak kelapa murni dengan minyak tersebut untuk menambah keuntungan (Manaf *et al.*, 2007). Praktik pemalsuan ini dilakukan karena minyak nabati tersebut memiliki sifat fisika dan kimia yang relatif mirip dengan minyak kelapa murni. Namun, adanya campuran ini dapat merugikan konsumen,

terutama bagi mereka yang memiliki alergi terhadap bahan makanan tambahan yang tidak diketahui dalam minyak kelapa murni. Dengan demikian, deteksi pemalsuan minyak kelapa murni merupakan langkah penting dalam melindungi konsumen dari risiko kesehatan dan menjaga integritas produk (Rohman dan Man, 2012).

Identifikasi campuran minyak dapat dilakukan dengan beberapa teknik analisis diantaranya adalah teknik kromatografi gas dan kromatografi cair kinerja tinggi. Namun, kedua teknik tersebut memerlukan biaya yang lebih mahal dan memerlukan persiapan sampel yang rumit (I. Diva dkk., 2021). Sehingga, diperlukan teknik yang lebih sederhana, efisien, dan ekonomis seperti metode spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Metode FTIR dipilih karena sampel yang akan dianalisis berupa cairan, sehingga dapat dilakukan tanpa proses pemisahan terlebih dahulu. Selain itu, metode ini mudah, efisien, dan biayanya lebih terjangkau. Spektrum yang dihasilkan oleh FTIR dapat menggambarkan keseluruhan karakteristik suatu sampel. Oleh karena itu, spektrum FTIR dapat digunakan untuk membedakan antara minyak kelapa murni dan campuran minyak nabati lainnya secara cepat dan akurat, walaupun komposisi senyawa kimianya belum diketahui secara pasti.

Penggunaan kemometrika, seperti *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS), dapat memperkuat analisis dan membantu interpretasi hasil spektrum FTIR dengan lebih efektif (Shafirany dkk., 2019). Kemometrika didefinisikan sebagai cabang ilmu pengetahuan yang mengaplikasikan teori-teori matematika, statistika, dan logika formal untuk mengolah data kimia. Kemometrika memberikan pendekatan baru untuk data-data hasil pengukuran secara spektroskopi, kromatografi, dan pengukuran kimia lainnya. Pada penelitian ini, teknik kemometrika yang digunakan adalah *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS). PCA digunakan untuk mengurangi banyaknya data, ketika terdapat korelasi antar data. Teknik ini dapat digunakan pada objek yang mempunyai sifat fisika dan sifat kimia yang hampir sama. Dengan demikian, PCA digunakan untuk menganalisis korelasi antar sampel-sampel yang diuji dalam penelitian ini. Sementara itu, PLS digunakan untuk memperoleh atau memilih kombinasi linear dari variabel-

variabel yang ada. PLS memberikan korelasi yang tinggi dengan variabel respons diberikan berat berlebih karena variabel-variabel ini lebih efektif dalam proses prediksi (Rohman dkk., 2021).

Berdasarkan uraian di atas penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dan menentukan adanya campuran minyak jagung, kedelai, dan sawit pada minyak kelapa murni yang beredar di pasar tradisional Bandar Lampung. Sebanyak 5 sampel minyak kelapa murni akan diambil dan dianalisis menggunakan metode spektrofotometri FTIR yang didukung oleh teknik kemometrika seperti PCA dan PLS. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kemurnian produk minyak kelapa murni yang beredar di pasar tradisional, dapat memberikan pemahaman lebih lanjut mengenai aplikasi dan efektivitas penggunaan metode spektrofotometri FTIR dan kemometrika dalam analisis kimia, serta memberikan kontribusi dalam upaya menjaga kualitas produk minyak kelapa murni dan melindungi konsumen dari praktik pemalsuan yang tidak bermoral.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menentukan kemurnian minyak kelapa murni menggunakan spektrofotometri FTIR dan kemometrika.
2. Mengetahui kualitas minyak kelapa murni yang beredar di pasar Bandar Lampung.
3. Mengetahui validitas metode spektrofotometri FTIR dan kemometrika PLS dalam membedakan minyak kelapa murni dan minyak nabati lainnya.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjamin keaslian produk kepada masyarakat.

2. Memberikan informasi terkait keandalan metode analisis FTIR dan kemometrika untuk menganalisis kemurnian minyak kelapa murni.
3. Sebagai sumber informasi mengenai penggunaan spektrofotometer FTIR dalam menganalisis minyak kelapa murni menggunakan metode PCA dan PLS.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa

Kelapa merupakan tanaman tropis yang sudah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia. Penyebaran tanaman kelapa meliputi hampir seluruh wilayah nusantara. Tanaman ini tidak hanya menjadi komoditas strategis yang berperan dalam aspek sosial, budaya, dan ekonomi masyarakat Indonesia, tetapi juga memiliki manfaat yang besar di berbagai bidang. Manfaat kelapa tidak hanya terbatas pada daging buahnya yang dapat diolah menjadi santan, kopra, dan minyak kelapa, melainkan seluruh bagian tanaman kelapa memiliki nilai ekonomi yang signifikan. Keunikan kelapa terletak pada kemampuannya untuk dimanfaatkan secara menyeluruh. Ini mencakup penggunaan daun kelapa untuk bahan bangunan dan kerajinan, serat kelapa untuk anyaman atau bahan isolasi, dan batang kelapa yang dapat digunakan dalam konstruksi (Kementrian Perdagangan Republik Indonesia, 2017). Kelapa memiliki sistem taksonomi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae	
Divisio	: Spermatophyta	
Sub-divisio	: Angiospermae	
Kelas	: Monocotyledonae	
Ordo	: Palmales	
Famili	: Palmae	
Genus	: Cocos	
Spesies	: <i>Cocos nucifera</i> Linneaus	(Setyawati, 2017).

Pohon kelapa dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pohon Kelapa (Damayanti dkk., 2018).

2.1.1 Minyak Kelapa Murni

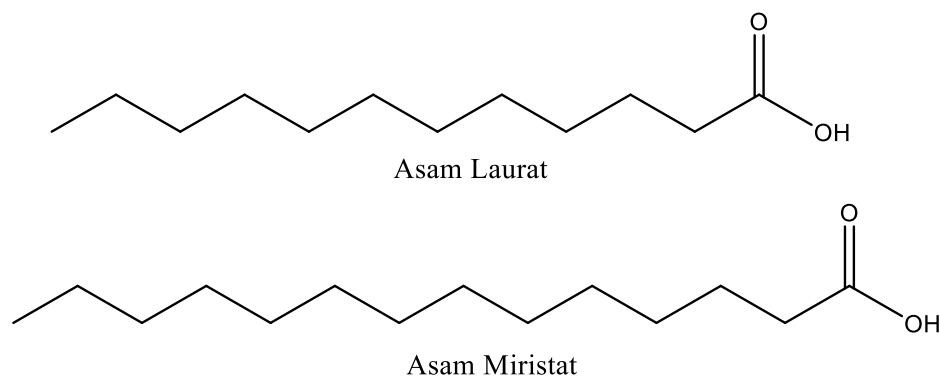
Minyak kelapa murni merupakan salah satu produk yang memiliki banyak manfaat. Minyak kelapa dihasilkan dari buah daging kelapa segar yang diekstrak dengan atau tanpa pemanasan dan tanpa penambahan bahan kimia sehingga dihasilkan minyak berwarna bening serta beraroma khas kelapa. Minyak ini memiliki manfaat dalam kesehatan seperti anti bakteri dan anti jamur. Minyak kelapa memiliki karakteristik asam lemak pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Murni.

Asam Lemak	Kandungan (%)
Asam kaprilat	8,93
Asam kaprat	6,74
Asam laurat	47,79
Asam miristat	17,17
Asam palmitat	8,08
Asam stearat	2,58
Asam oleat	7,37
Asam linoleat	1,35

(Kusuma dan Nia, 2020).

Struktur asam lemak yang dominan dalam minyak kelapa murni dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Asam Lemak Dominan Pada Minyak Kelapa Murni.

2.1.2 Manfaat Minyak Kelapa Murni

Minyak kelapa murni memiliki berbagai penggunaan dan aplikasi yang dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu yang dapat dikonsumsi dan yang tidak dapat dikonsumsi. Pada kategori yang dapat dikonsumsi, minyak ini berperan sebagai sumber energi penting dalam diet, serta digunakan sebagai minyak masak dan minyak penggorengan karena daya tahan yang luar biasa terhadap perkembangan keasaman yang tidak diinginkan, meningkatkan rasa makanan. Selain itu, karena stabilitasnya yang konsisten, minyak ini juga digunakan sebagai pengganti susu kental manis dalam produk seperti susu kental manis, keju kental, dan es krim. Di sisi lain, dalam kategori yang tidak dapat dikonsumsi, minyak ini digunakan sebagai pelembap untuk kulit dan rambut, serta berfungsi sebagai minyak aroma terapi dan pijat. Selain itu, minyak kelapa murni juga digunakan sebagai dasar minyak untuk berbagai produk kosmetik dan perawatan kulit (Dumancas *et al.*, 2016).

2.2 Minyak Kacang Kedelai

Minyak kedelai dihasilkan dari biji kacang kedelai yang sudah dihaluskan lalu diekstrak dan dimurnikan. Minyak kedelai baik untuk kesehatan karena mengandung omega-3, omega-6, dan vitamin E. Minyak ini secara luas digunakan sebagai minyak sayur di seluruh dunia dan tidak hanya populer sebagai bahan penggorengan,

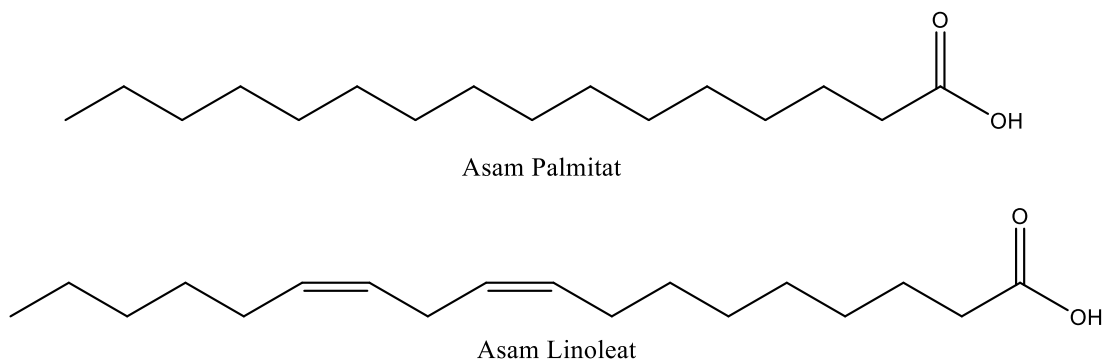
melainkan juga sebagai bahan lemak utama dalam industri pangan. Bersama-sama dengan minyak sawit, minyak kedelai merupakan salah satu jenis lemak yang paling banyak digunakan. Peran penting minyak kedelai tidak hanya terbatas pada aspek kuliner, tetapi juga memiliki dampak signifikan pada nutrisi dan kesehatan manusia. Minyak ini merupakan sumber lemak sehat yang dapat membantu menjaga keseimbangan nutrisi dalam menu sehari-hari, sehingga dapat berkontribusi pada pencegahan penyakit. Kekurangan gizi, termasuk kekurangan minyak dan lemak, dapat menjadi penyebab berbagai penyakit kronis yang tidak menular. Minyak ini memiliki komposisi asam lemak yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Asam Lemak Minyak Kedelai.

Asam Lemak	Kandungan (%)
Asam palmitat	16,95
Asam stearat	5,15
Asam oleat	16,02
Asam linoleat	47,57
Asam linolenat	12,11
Asam arakidat	1,40
Asam eikosenat	0,42
Asam behenat	0,39

(Metalisa, 2014).

Struktur asam lemak yang dominan dalam minyak kedelai dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Asam Lemak Dominan Pada Minyak Kedelai.

2.3. Minyak Jagung

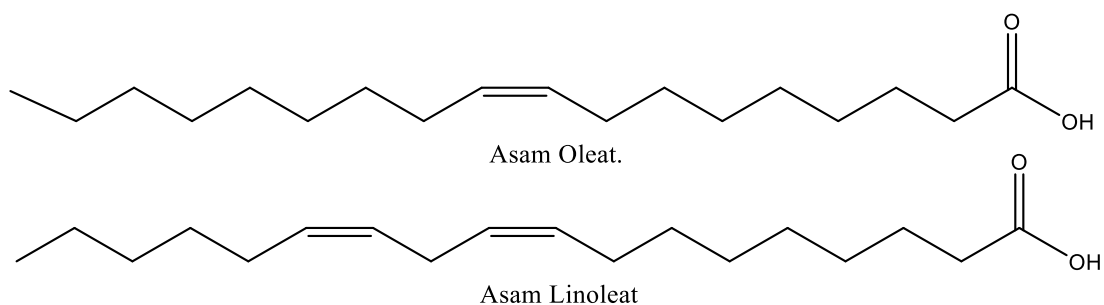
Minyak jagung diperoleh dari bagian bakal biji dari butiran-butiran jagung. Minyak jagung saat ini banyak digunakan sebagai pengganti minyak kelapa sawit untuk menggoreng makanan. Minyak ini kaya akan asam lemak tidak jenuh yang dapat menurunkan kolesterol darah dan menurunkan resiko serangan jantung koroner. Komposisi minyak jagung dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Asam Lemak Minyak Jagung.

Asam Lemak	Kandungan (%)
Asam palmitat	8-12
Asam stearat	2,5-4,5
Asam oleat	19-49
Asam linoleat	34-62
Asam linolenat	1,2
Asam miristat	0,1
Asam palmitoleat	0,1

(Dwiputra dkk., 2015).

Struktur asam lemak yang dominan dalam minyak jagung dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Asam Lemak Dominan Pada Minyak Jagung.

2.4. Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit berasal dari ekstraksi sabut buah kelapa sawit yang dilanjutkan tahap pemurnian dan fraksinasi. Minyak kelapa sawit banyak digunakan karena harganya yang murah dan tersedia dalam jumlah banyak serta stabilitas terhadap

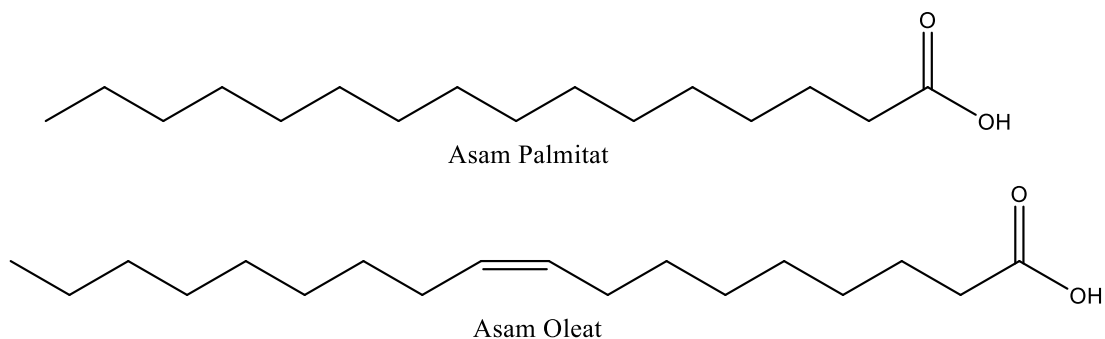
oksidasi yang tinggi. Minyak ini banyak digunakan di industri karena nutrisi dan pengaruhnya terhadap rasa dan aroma makanan. Minyak kelapa sawit memiliki komposisi asam lemak yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Sawit.

Asam Lemak	Kandungan (%)
Asam kaprilat	0,02
Asam laurat	0,17
Asam miristat	0,92
Asam palmitat	37,71
Asam stearat	3,76
Asam arakidat	0,31
Asam oleat	42,56
Asam linoleat	13,59
Asam linolenat	0,27
Asam palmitoleat	0,14

(Taufik dan Hermawan, 2018).

Struktur asam lemak yang dominan dalam minyak kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Asam Lemak Dominan Pada Minyak Kelapa Sawit.

2.5 Teknik Sampling

a. *Probability* sampling

Probability sampling merupakan teknik pengambilan sampel, dimana setiap unsur atau elemen sampling diberi kesempatan yang sama untuk dipilih dalam sampel. Beberapa teknik *probability* sampling:

1. *Simple Random Sampling*

Teknik ini dilakukan dengan syarat kerangka sampling, sifat populasi homogen, dan populasi tidak terlalu tersebar secara geografis.

2. *Systematic Random Sampling*

Teknik ini dilakukan dengan cara:

- Mengecek keadaan daftar populasi
- Menetapkan jarak interval

$$I = N/n$$

N = jumlah anggota populasi

n = jumlah anggota sampel

- Menetapkan nomor urut

3. *Stratified Random Sampling*

Teknik ini dilakukan dengan cara:

- Menetapkan kriteria yang jelas yang akan digunakan sebagai dasar penentuan lapisan.
- Membagi dasar tersebut ke dalam sub-sub populasi
- Penentuan besar sampel pada masing-masing sub populasi
- Penentuan unsur

4. *Cluster Sampling*

Teknik ini digunakan karena peneliti kekurangan kerangka sampling yang baik, suatu populasi menyebar serta biaya yang tinggi untuk menyusun kerangka sampling dan menjangkau setiap elemen sampel.

Teknik ini dilakukan dengan cara:

- Populasi dibagi ke dalam mini populasi
- Pengelompokkan mini populasi yang didasarkan secara administrasi.
- Menentukan *cluster* secara *random*.

5. *Area Sampling*

Cara ini dilakukan karena populasi tidak dapat kerangka sampling. Dibutuhkan data yang jelas dan rinci terkait sampel.

b. *Non probability Sampling*

Cara ini dilakukan bila tidak mungkin diperoleh daftar yang lengkap dari populasi penelitian, sehingga tidak terdapat kesempatan yang sama pada anggota populasi.

Beberapa teknik *non probability sampling*:

1. *Purposive Sampling*

Cara ini membutuhkan kemampuan dan pengetahuan yang baik dari peneliti terhadap populasi penelitian untuk menentukan siapa yang menjadi anggota sampel, maka peneliti harus benar-benar mengetahui dan beranggapan bahwa sampel yang dipilihnya dapat memberikan informasi yang diinginkan sesuai dengan permasalahan penelitian.

2. *Quota Sampling*

Cara ini dilakukan dengan membagi populasi ke dalam sub bab populasi sesuai dengan fokus penelitian. Penarikan sampel dilakukan bila peneliti tidak dapat mengetahui jumlah yang rinci dari setiap strata populasinya.

3. *Sequential Sampling*

Penarikan sampel ini dimulai dengan pengambilan sampel dalam jumlah kecil, kemudian data dianalisis. Jika hasilnya diragukan, maka sampel diambil dalam jumlah yang lebih besar.

4. *Snow-ball Sampling*

Cara penarikan sampel dimulai dengan jumlah yang sedikit akhirnya menjadi banyak, dengan beberapa tahap.

5. *Accidental Sampling*

Penarikan sampel secara tidak sengaja ditemukan (Sinaga, 2014).

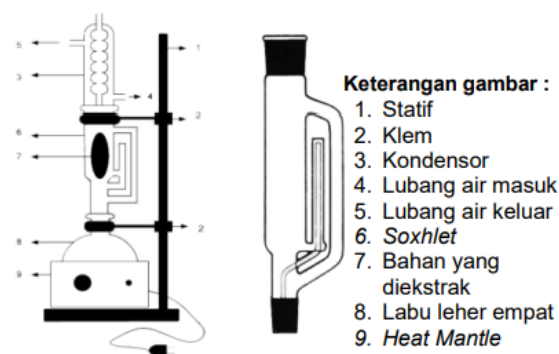
2.6 Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pemisahan bahan atau senyawa dari campuran dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Proses ekstraksi dihentikan ketika tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa pelarut dengan konsentrasi senyawa dalam bahan. Proses ekstraksi dapat dilakukan dengan bahan dikeringkan dan dihaluskan. Pemilihan pelarut yang digunakan harus sesuai dengan sifat senyawa yang ingin dipisahkan, contoh pelarut polar dengan senyawa non polar. Ekstraksi dibagi dalam berbagai jenis seperti, maserasi, perkolasi, sokletasi, dan refluks.

(Mukhriani, 2014).

2.6.1 Sokletasi

Metode sokletasi adalah suatu metode pemisahan zat dari campurannya dengan pemanasan. Prinsip yang digunakan adalah penyaringan berulang sehingga hasil yang didapat lebih sempurna dan menggunakan pelarut yang lebih sedikit. Pelarut yang digunakan akan mengalami sirkulasi dibandingkan dengan cara maserasi, sehingga ekstraksi dengan sokletasi memberikan hasil ekstrak yang lebih tinggi. Rangkaian metode sokletasi dapat dilihat pada Gambar 6 (Wijaya dkk., 2019).



Gambar 6. Peralatan Metode Sokletasi (Wijaya dkk., 2019).

2.7 Spektrofotometri FTIR



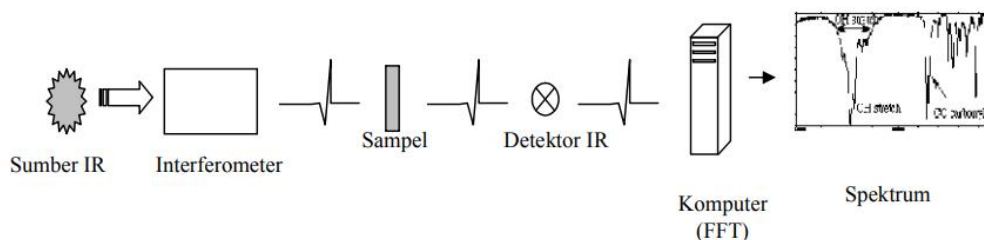
Gambar 7. Spektrofotometer FTIR.

Spektroskopi FTIR adalah spektroskopi infra merah yang dilengkapi dengan *transformaation fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Spektroskopi IR memiliki manfaat untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak yang menandakan adanya gugus fungsi yang ditandai dengan bilangan gelombang. Pada umumnya pembuatan spektrum sampel menggunakan FTIR memiliki tiga teknik yang memiliki karakteristik spektrum vibrasi molekul tertentu, seperti *Demountable Liquid Cell*, *Diffuse Reflectance Measuring* (DRS-8000), dan *Total Attenuated Reflectance* (ATR-8000)(Sanjiwani dkk., 2020). ATR merupakan metode yang efektif dan andak untuk pengambilan sampel IR, ATR berguna untuk mengambil sampel permukaan material halus yang tidak tembus cahaya atau sangat tebal. Prosedur ATR bersifat non desktruktif, tidak memerlukan persiapan sampel, dan cepat. Teknik ATR dapat mengukur padatan (kertas, keju, daging, serbuk, dan kaca) dan cairan termasuk larutan non aqueous (pasta dan minyak). Polimer dan bahan alami lainnya (Sun, 2008).

2.7.1 Prinsip Dasar

Metode FTIR merupakan metode bebas reagen, tanpa penggunaan radioaktif, dan dapat digunakan untuk analisis kualitatif suatu senyawa. Prinsip metode ini

didasarkan pada penembakkan sinar infra merah yang dilakukan terhadap suatu senyawa untuk mengenali gugus fungsinya. Pola absorbansi yang diserap oleh setiap senyawa berbeda sehingga senyawa-senyawa dapat dibedakan dan diquantifikasi (Sjahfirdi dkk., 2015). Prinsip kerja spektrofotometer FTIR dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Prinsip Kerja (Suseno dan Firdausi, 2008).

2.7.2 Spektrum Hasil Analisis FTIR

Spektrum IR dapat dibagi menjadi tiga wilayah berdasarkan bilangan gelombang, yaitu spektrum jauh ($<400\text{ cm}^{-1}$), spektrum sedang ($400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$), dan spektrum dekat ($4000\text{-}13000\text{ cm}^{-1}$). Dari ketiganya, spektrum sedang menjadi yang paling banyak digunakan dalam analisis sampel karena mencakup rentang bilangan gelombang yang paling relevan untuk ikatan kimia karakteristik dalam molekul organik dan anorganik. Wilayah ini memberikan informasi detail tentang jenis ikatan seperti ikatan rangkap tiga, ikatan rangkap dua, ikatan tunggal, dan banyak jenis ikatan lainnya. Ini menjadikan spektrum sedang sebagai alat yang sangat berharga dalam karakterisasi dan analisis kimia.

Proses interpretasi FTIR melibatkan lima langkah. Pertama, dalam langkah 1, dilakukan identifikasi terhadap jumlah pita absorpsi dalam seluruh spektrum IR. Jika sampel memiliki spektrum sederhana dengan kurang dari 5 pita absorpsi, maka kemungkinan besar senyawa yang dianalisis adalah senyawa organik sederhana, berat molekul rendah, atau senyawa anorganik seperti garam sederhana. Namun, jika spektrum FTIR memiliki lebih dari 5 pita absorpsi, sampel mungkin merupakan

molekul yang kompleks. Selanjutnya, pada langkah 2, dilakukan identifikasi terhadap daerah ikatan tunggal ($2500-4000\text{ cm}^{-1}$). langkah 3 melibatkan identifikasi wilayah ikatan tiga kali ($2000-2500\text{ cm}^{-1}$), misalnya, jika terdapat puncak pada 2200 cm^{-1} , hal ini dapat mengindikasikan adanya ikatan rangkap tiga ($\text{C}\equiv\text{C}$). Kemudian, dalam langkah 4, dilakukan identifikasi terhadap wilayah ikatan ganda ($1500-2000\text{ cm}^{-1}$), yang dapat mencakup ikatan ganda seperti karbonil ($\text{C}=\text{O}$), imino ($\text{C}=\text{N}$), dan gugus azo ($\text{N}=\text{N}$). Terakhir, pada langkah 5, dilakukan identifikasi terhadap wilayah sidik jari ($600-1500\text{ cm}^{-1}$), yang biasanya mengandung informasi yang sangat spesifik dan unik tentang molekul yang sedang dianalisis (Bayu *et al.*, 2019).

2.7.3 Kelebihan

Teknik spektroskopi IR merupakan metode analisis yang efisien, mudah digunakan, murah, dan cepat karena analisis ini dapat dilakukan pada serbuk kering sampel secara langsung tanpa proses pemisahan terlebih dahulu. Spektrum IR yang dihasilkan sangat rumit karena matriks sampel yang kompleks menghasilkan interaksi antara senyawa-senyawa tersebut sehingga akan menggambarkan keseluruhan karakteristik suatu sampel. Oleh karena itu, spektrum FTIR dapat digunakan untuk membedakan suatu zat dengan yang lainnya walaupun komposisi senyawa kimia belum diketahui dengan pasti. Untuk memudahkan interpretasi spektrum IR diperlukan bantuan teknik kemometrika. Banyak penelitian yang dilakukan dengan aplikasi spektroskopi FTIR dan kemometrika untuk identifikasi maupun autentifikasi suatu zat (Shafirany dkk., 2019).

2.7.4 Puncak Minyak Kelapa Murni

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Luca *et al.*, (2023), didapatkan puncak minyak kelapa murni sebagai berikut:

Tabel 5. Puncak Minyak Kelapa Murni.

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
2954	C-H
1713,92	C=O
1417	C-H <i>bending</i>
1200	C-O
721	CH ₂ <i>bending</i>

(Luca *et al.*, 2023)

2.8 Kemometrika

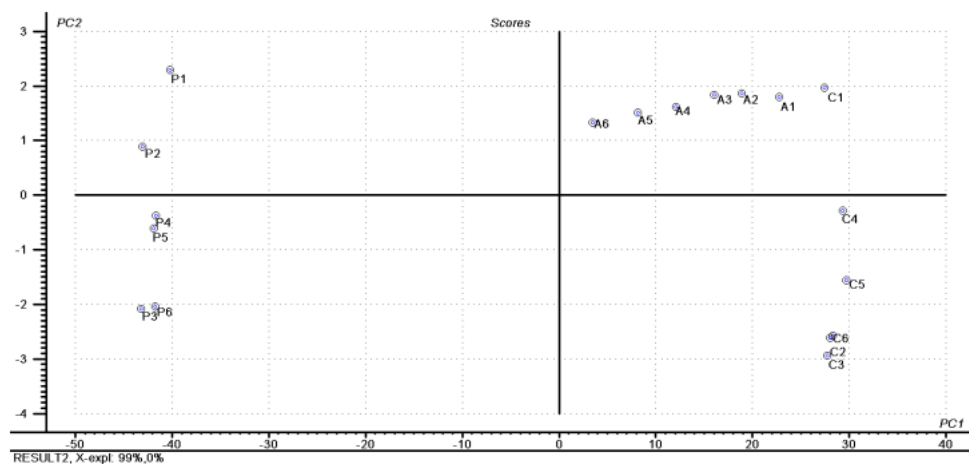
Istilah kemometrika pertama kali diperkenalkan oleh ilmuwan berkebangsaan Swedia, Swante Wold pada tahun 1971, dalam bahasa Swedia “*kemometri*” yang dalam bahasa Inggris setara dengan “*chemometrics*” dan ilmuwan Amerika Serikat, Bruce R. Kowalski. Secara umum, kemometrika didefinisikan sebagai cabang ilmu pengetahuan yang mengaplikasikan teori-teori matematika, statistika, dan logika formal untuk mengolah data kimia. Kemometrika menawarkan pendekatan baru untuk data-data hasil pengukuran secara spektroskopi, kromatografi, dan pengukuran kimia lainnya. Berbagai teknik kemometrika telah diaplikasikan untuk berbagai teknik analisis dalam berbagai bidang, tidak hanya farmasi, tetapi bidang yang lain seperti dalam bidang makanan autentifikasi produk makanan seperti autentifikasi minyak dan lemak, dalam bidang obat tradisional atau herbal, dalam bidang forensik, dalam bidang lingkungan, serta dalam bidang pertanian (Rohman dkk., 2021). Teknik kemometrika menjadi solusi yang baik untuk menganalisis senyawa campuran yang memiliki profil spektra tumpang tindih. Terdapat berbagai jenis teknik kemometrika, dimana yang paling banyak digunakan misalnya *Principal Component Analysis* (PCA), *Cluster Analysis* (CA), *Linear Discriminant Analysis* (LDA) and *Canonical Variate Analysis* (CVA), *K-nearest Neighbour* (KNN), *Disjoint Class Modelling Multiple Linear Regression* (MLR) *Principal Component*

Regression (PCR), Partial Least Squares (PLS) dan Artificial Neural Networks (ANN) (Pebby dkk., 2021).

2.8.1 *Principle Component Analysis (PCA)*

Teknik PCA merupakan suatu teknik untuk mengurangi banyaknya data, ketika terdapat suatu korelasi antar data. Analisis ini digunakan pada objek yang mempunyai sifat fisika dan kimia yang hampir sama sehingga PCA dapat digunakan untuk pengelompokkan. Sebagai contoh suatu spektrum IR secara normal dapat dikarakterisasi dengan beberapa ribuan pengukuran intensitas dibanding hanya beberapa pengukuran intensitas dan dalam kasus semacam ini matriks korelasi haruslah mengandung ribuan nilai. Dengan demikian, tujuan beberapa metode analisis multivariat adalah untuk mengurangi data (Rohman dkk., 2021).

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Marikkar and Yanty (2018) yang mengautentikasi minyak kelapa murni dengan menggunakan analisis PCA digunakan untuk mengelompokkan minyak kelapa murni, minyak kelapa sawit serta campuran dari dua bahan tersebut yang ditunjukkan pada Gambar 9.

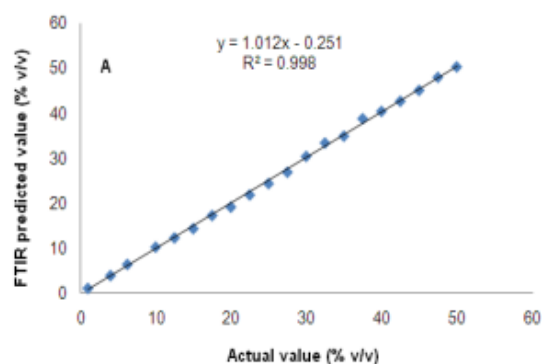


Gambar 9. Plot Score Klasifikasi Minyak Kelapa Murni (C1-C6), Minyak Kelapa Sawit (P1-P6), dan Adulteran (A1-A6) (Marikkar and Yanty, 2018).

2.8.2 Partial Least Square (PLS)

Pada teknik ini juga digunakan kombinasi-kombinasi *linear variable predictor* dibandingkan dengan variabel asal. Pada PLS cara yang digunakan untuk memperoleh atau memilih kombinasi linear adalah berbeda. Pada PLS variabel yang menunjukkan korelasi yang tinggi dengan variabel respons diberikan berat berlebih karena variabel-variabel ini lebih efektif untuk diprediksi. Teknik ini sering digunakan untuk mengekstrak informasi dari spektra yang kompleks dengan puncak-puncak yang tumpang tindih, adanya *impurities*, dan adanya *noise* dari instrumen spektrofotometer FTIR (Rohman dkk., 2021).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Che Man dan Rohman (2013) mendeteksi minyak canola pada minyak kelapa murni menggunakan spektroskopi FTIR dan kemometrik menyatakan analisis PLS menghasilkan persamaan $Y = 1,012x - 0,251$ dengan nilai R^2 0,998, menunjukkan bahwa metode FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrik PLS mampu untuk penentuan kuantitatif dan klasifikasi minyak kelapa murni campuran dengan minyak canola kurva kalibrasi yang dihasilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Kurva Kalibrasi Hubungan Antara Nilai Sebenarnya dan Nilai Prediksi (Utami dkk., 2018).

2.8.3 Kelebihan Kemometrika

Kelebihan teknik analisis kuantitatif kemometrika adalah senyawa campuran dapat

dianalisis tanpa prosedur pemisahan, tekniknya sangat mudah diterapkan, sangat sensitif, bermanfaat, serta sangat murah dibandingkan dengan analisis lainnya. Oleh karena itu, metode ini dapat digunakan sebagai metode alternatif penetapan kadar yang dapat diterapkan pada analisis senyawa multikomponen lain yang belum pernah diteliti sebelumnya (Riddhi dkk., 2019).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2023-Februari 2024 di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT LTSIT) Universitas Lampung yang berlokasi di Bandar Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah spektrofotometer FTIR, soklet, labu didih, *hot plate*, kondensor, set penyangga, neraca analitik, gelas ukur, pipet ukur, *bulb*, labu alas bulat, batang pengaduk, vial, botol kaca, spatula, kertas saring, perangkat PC, dan *software* minitab 19.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel minyak kelapa murni di daerah Bandar Lampung, kelapa tua, biji kedelai, n-heksan, minyak jagung, minyak kelapa sawit, dan air.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Sampling Sampel Kelapa Murni

Sampel diperoleh dari beberapa toko yang berada di Bandar Lampung.

Sebanyak 5 sampel minyak kelapa murni diambil secara acak dari berbagai merek.

3.3.2 Persiapan Minyak Standar

3.3.2.1 Standar Minyak Kelapa Murni

Daging kelapa yang telah diparut sebanyak 3 kg ditambahkan 3 liter air. Kemudian, diperas dan didiamkan hingga terbentuk dua lapisan (air dan santan). Santan yang telah terpisah dengan air selanjutnya dikocok dengan *mixer* selama 15 menit. Santan tersebut didiamkan selama 2 hari hingga terbentuk tiga lapisan yaitu minyak pada lapisan atas, blondo pada lapisan tengah dan air pada lapisan bawah. Minyak dipisahkan dan disaring dari lapisan lainnya (Pranata dkk., 2020).

3.3.2.2 Standar Minyak Kedelai

Biji kedelai dihaluskan untuk mendapatkan ukuran yang lebih kecil. Hasilnya dibungkus dengan kertas saring. Kemudian, dimasukkan dalam alat sokletasi. Pelarut n-heksan 150 mL dimasukkan ke dalam labu alas bulat beserta batu didih secukupnya. Ekstraksi dilakukan dengan sokletasi selama 120 menit. Hasil ekstrak kemudian dievaporasi pada suhu 40°C dan tekanan 300 mbar-156 mbar untuk menghilangkan pelarut yang tersisa (Purwaniati dkk., 2019).

3.3.2.3 Standar Minyak Jagung

Minyak jagung dibeli dalam kemasan siap pakai dari pasar. Kemudian, diambil sebanyak 5 mL dan disimpan dalam wadah vial.

3.3.2.4 Standar Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit dibeli dalam kemasan siap pakai dari pasar. Kemudian, diambil sebanyak 5 mL dan disimpan dalam wadah vial.

3.3.3 Analisis Spektrofotometri FTIR

3.3.3.1 Sampel Set Kalibrasi

Set kalibrasi terdiri dari objek atau sampel yang telah diketahui kategorinya dan digunakan untuk membentuk model klasifikasi kemometrika (Berrueta *et al.*, 2007). Set kalibrasi pada penelitian ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh (Zulfahrizal *et al.*, 2021). Pembuatan set kalibrasi yaitu dengan mencampurkan minyak kelapa murni dan minyak nabati yang mendekati sampel. Minyak kelapa murni standar set kalibrasi dibuat dengan menyiapkan 6 sampel yang terdiri dari campuran minyak kelapa murni dan minyak nabati lainnya yang disiapkan dengan rentang konsentrasi 0-100% (total volume minyak: 5 mL). Minyak kelapa murni pada konsentras 0% dan minyak nabati lainnya pada konsentrasi 100%. Komposisi minyak standar yang digunakan untuk set kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Konsentrasi Minyak Standar untuk Set Kalibrasi.

No	Minyak Standar (mL)	Minyak Kelapa Murni (mL)	Konsentrasi (%)	Kategori
1	5	0	100	Murni
2	0	5	0	Murni
3	1	4	20	Campuran
4	2	3	40	Campuran
5	3	2	60	Campuran
6	4	1	80	Campuran

3.3.3.2 Sampel Set Validasi

Set validasi terdiri dari objek atau sampel yang telah diketahui kategorinya namun, digunakan untuk mengevaluasi reliabilitas model yang telah dibentuk oleh set kalibrasi (Berrueta *et al.*, 2007). Set validasi ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh (Zulfahrizal *et al.*, 2021). Set validasi minyak kelapa murni dibuat dengan menyiapkan 7 sampel yang terdiri dari campuran minyak kelapa murni dan minyak standar yang disiapkan dengan rentang konsentrasi 0-100%. Komposisi

minyak standar yang digunakan untuk sampel yang akan dijadikan set validasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Konsentrasi Minyak Standar untuk Set Validasi.

No	Minyak Standar (mL)	Minyak Kelapa Murni (mL)	Konsentrasi (%)	Kategori
1	5	0	100	Murni
2	0	5	0	Murni
3	0,5	4,5	10	Campuran
4	1,5	3,5	30	Campuran
5	2,5	2,5	50	Campuran
6	3,5	1,5	70	Campuran
7	4,5	0,5	90	Campuran

3.3.3.6 Pengukuran Spektrum FTIR

Sampel, standar minyak, set kalibrasi, dan set validasi diletakkan pada kristal ATR pada temperatur terkendali. Pengukuran dilakukan pada 32 *scanning* dan pada daya pisah (resolusi) 16 cm^{-1} . Selanjutnya, lempeng kristal ATR dibersihkan dengan aseton 2 kali serta dikeringkan dengan tisu. Hal ini dilakukan untuk menghindari adanya variasi spektra antar waktu, maka spektrum dasar (*background*) diukur setiap kali akan dilakukan pengukuran sampel. Semua spektra direkam pada 650 sampai 4000 cm^{-1} . Pada sampel dilakukan pengukuran sebanyak 2 kali untuk mendapatkan rata-rata.

3.3.3.7 Analisis Hasil Data Spektrum

Analisis hasil FTIR berdasarkan besar bilangan gelombang yang menjadi ciri khas dari suatu gugus fungsi sampel tersebut dengan analisis komponen utama atau PCA dan PLS untuk mengelompokkan sampel yang dipalsukan dan tidak dipalsukan serta validitas metode uji (Azminah *et al.*, 2023).

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

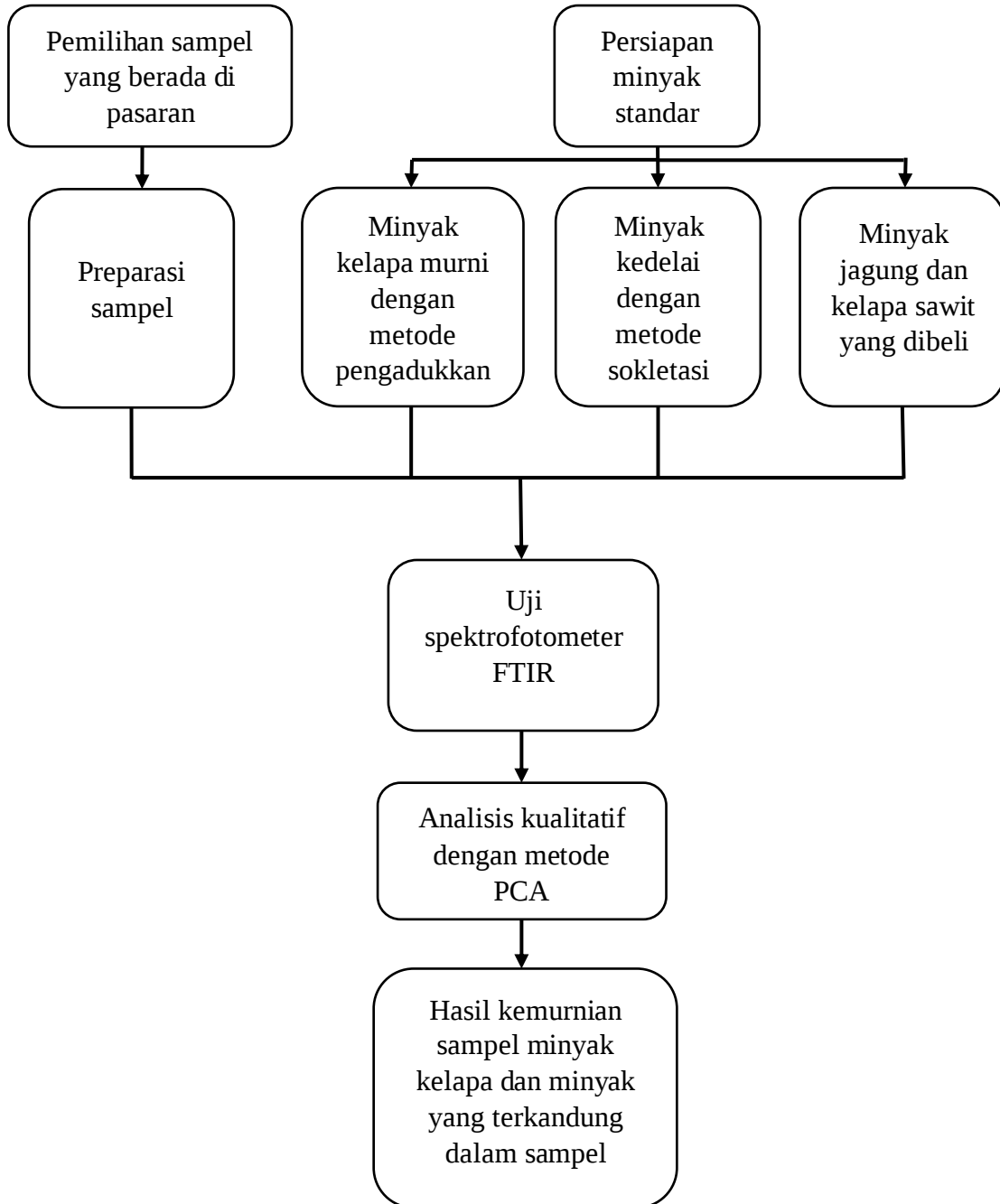
1. Buka lembar kerja di Minitab dan dimasukkan data.
2. Analisis PCA, diklik **Statistik** → **Multivariat** → **Komponen Utama**.
3. Selanjutnya, masukkan variabel yang ingin dianalisis ke dalam kotak variabel yang sesuai.
4. Klik opsi **Grafik**; bagian ini berisi informasi penting.
5. Mengetahui hasil analisis, diklik **Ok**, dan hasil analisis PCA akan muncul dalam jendela sesi yang berisi *output*. Nilai-nilai tersebut mencerminkan kontribusi variabel pada setiap komponen. Semakin tinggi nilai koefisien, semakin besar kontribusi variabel terhadap komponen utama.
6. Jika ingin mengedit grafik untuk menampilkan label pada setiap titik, diklik kanan pada grafik dan dipilih **Tambahkan** → **Label Data:Gunakan Label Dari Kolom**.
7. Klik **Ok** untuk menampilkan hasil *output*.

Adapun cara pengoperasian PLS menggunakan *software* Minitab 19 dengan cara sebagai berikut:

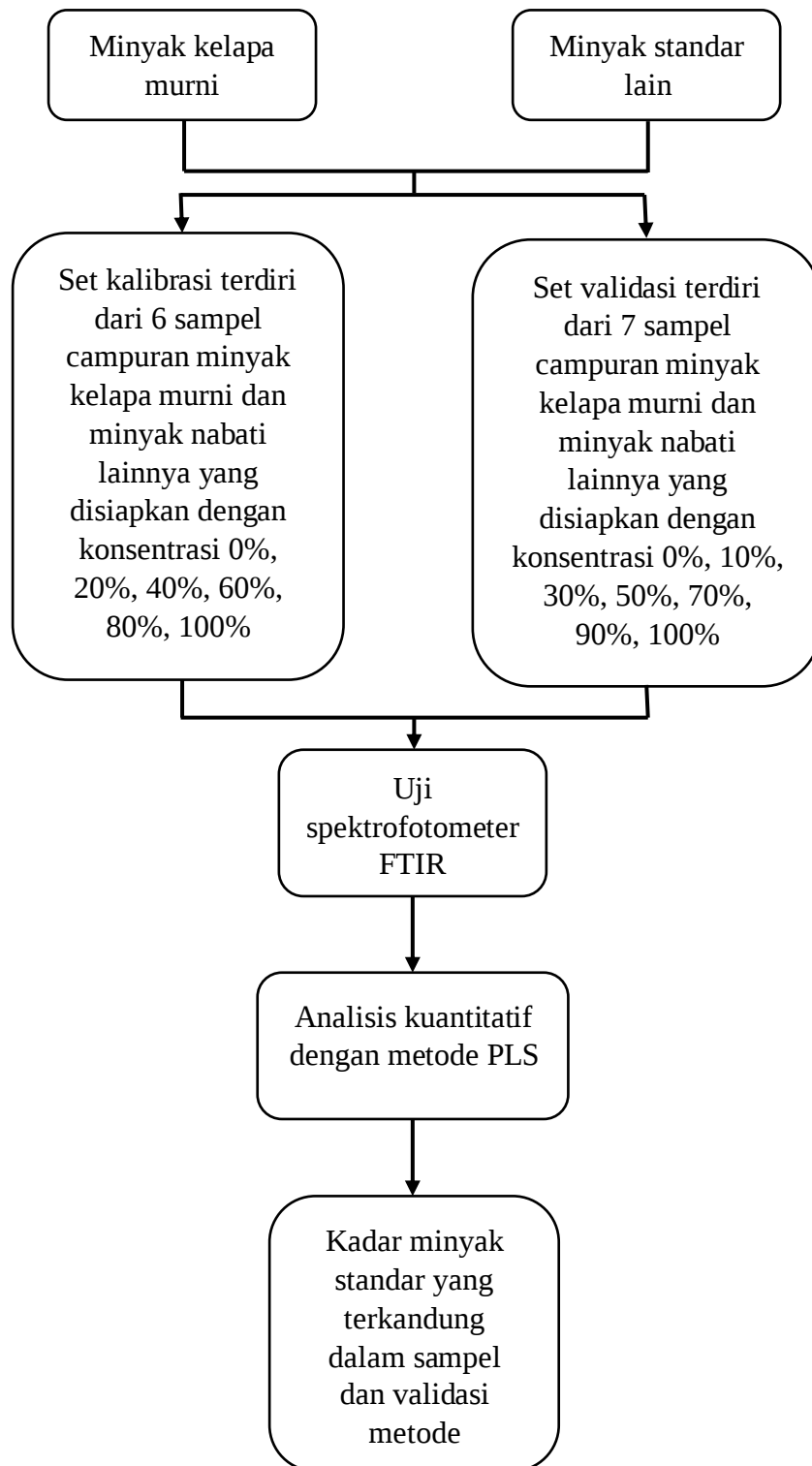
1. Buka Minitab.
2. Masukkan data ke dalam *Worksheet* Minitab.
3. Pilih **Statistik** → **Regresi** → **Partial Least Square**.
4. Isi variabel respon dengan C1 dan variabel model dengan A1-16.
5. Selanjutnya, untuk melakukan validasi *leave-one-out*, buka **Opsi** → pilih **Leave-One Out** → klik **Ok**, sehingga akan mendapatkan hasil *output* data (Rohman dkk., 2021).

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat dari Gambar 11.

1. Analisis kualitatif



2. Analisis kuantitatif



Gambar 11. Bagan Alir Penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kemurnian sampel minyak kelapa murni yang beredar di pasar Bandar Lampung yang diuji menggunakan metode PLS yang dikombinasikan dengan *boxplot* pada penelitian ini berkisar 91-95%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar minyak kelapa murni yang dianalisis memiliki tingkat kemurnian yang tinggi.
2. Hasil kalibrasi dengan metode PLS diperoleh nilai R^2 sebesar 0,9997 dan RMSEC sebesar 0.00015% serta hasil validasi juga menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,9999 dan RMSEP sebesar 0.854%. Hasil ini mengindikasikan bahwa metode uji telah berjalan dengan baik dan tingkat kesalahan yang relatif kecil.
3. Spektrofotometri FTIR dikombinasikan dengan kalibrasi multivariat PLS dan analisis prinsip komponen utama berhasil digunakan untuk mengkuantifikasi kemurnian minyak kelapa murni dan dapat membedakan minyak kelapa murni dengan minyak nabati lainnya serta dapat mendeteksi pemalsuan minyak kelapa murni secara akurat.
4. Metode Spektrofotometri FTIR dikombinasikan dengan kalibrasi multivariat PLS dan analisis prinsip komponen utama memiliki potensi besar dalam menjaga kualitas minyak kelapa murni. Penggunaan metode ini juga dapat diperluas ke

industri pengolahan makanan dan minuman lainnya untuk memastikan produk yang aman serta berkualitas bagi konsumen.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperlukan pengulangan pengujian terhadap standar, serta set kalibrasi dan set validasi yang lebih banyak agar diperoleh data yang lebih representatif sehingga analisis dengan menggunakan *software* statistik bisa berjalan dengan lebih baik dan hasilnya lebih akurat. Gunakanlah aplikasi statistika lainnya seperti Unscrambler untuk memungkinkan perbandingan hasil yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abast, M.A., Koleangan, H., dan Pontoh, J. 2016. Analisis Asam Lemak dalam Minyak Kelapa Murni Menggunakan Derivatisasi Katalis Basa. *Jurnal MIPA UNSRAT Online*. 5(1): 29–31.
- Agustina, S., Purwanto, Y.A., dan Budiastira, I.W. 2015. Prediksi Kandungan Kimia Mangga Arumanis Selama Penyimpanan dengan Spektroskopi NIR. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 3(1): 57–63.
- Azminah, Ahmad, I., Fikri, J.A.N., Jumadil, M.I., Erza, N.A.F., Abdullah, S., Simamora, A., and Mun'im, A. 2023. Rapid Detection of Synthetic Adulterants in Indonesian Herbal Medicines Using ATR-FTIR Spectroscopy Combined with Chemometrics. *Journal of Research in Pharmacy*. 27(1): 184–195.
- Bayu, A., Nandiyanto, D., Oktiani, R., and Ragadhita, R. 2019. How to Read and Interpret FTIR Spectroscopy of Organic Material. *Indonesian Journal of Science and Technology*. 4(1): 97–118.
- Berrueta, L.A., Alonso, S., M, R., and Karoly, H. 2007. Supervised pattern recognition in food analysis. *Journal of Chromatography*. 1158(1–2): 196–214.
- Damayanti, R., Siregar, L.A.M., dan Hanafiah, D.S. 2018. Karakter Morfologis dan Hubungan Kekerabatan Beberapa Genotipe Kelapa (*Cocos nucifera* L.) di Kecamatan Silau Laut Kabupaten Asahan. *Jurnal Agroekoteknologi*. 6(4): 874–884.
- Dumancas, G.G., Viswanath, L.C.K., Leon, A.R. de, Ramasahayam, S., Maples, R., Koralege, R.H., Perera, U.D.N., Langford, J., Shakir, A., and Castles, S. 2016. Health Benefits of Virgin Coconut Oil. B. Holt, ed., *Vegetable Oil: Properties, Uses, and Benefits*. Nova Science Publishers. New York.

- Dwiputra, D., Jagat, A.N., Wulandari, F.K., Prakarsa, A.S., Puspaningrum, D.A., dan Islamiyah, F. 2015. Minyak Jagung Alternatif Pengganti Minyak yang Sehat. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 4(2): 5–6.
- Haji, A., Kasuhan, D., and Hayat, H. Selected Food Items Adulteration, Their Impact on Public Health, and Detection Methods: A Review. *Food Sci Nutr*. 11(12):7534-7545.
- Hidayah, I.U., Kuswandi, B., dan Wulandari, L. 2014. Deteksi Kemurnian Air Zamzam Menggunakan Metode Spektrofotometri Near Infra Red (NIR) dan Kemometrik (Detection of Zamzam Water Purity Using Near Infra Red Spectroscopy (NIR) and Chemometrics). *Jurnal Pustaka Kesehatan*. 2(3): 439–444.
- I. Diva Candraningrat, Santika, A., Dharmayanti, I., dan P. Prayascita 2021. Review Kemampuan Metode GC-MS dalam Identifikasi Flunitrazepam Terkait dengan Aspek Forensik dan Klinik. *Jurnal Kimia*. 15(1): 12–19.
- Kementrian Perdagangan Republik Indonesia. 2017. Optimalisasi Bahan Baku Kelapa. *Warta Ekspor*. hal.1–20. Tersedia di http://djpen.kemendag.go.id/app_frontend/admin/docs/publication/8121519022680.pdf.
- Kustomo. 2022. Chemometric Analysis of Iron, Manganese, and Zink Contents for Ground Water Quality Assessment Around The Candi Industrial Estate of Semarang City. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 11(3): 290–301.
- Kusuma, M.A., dan Nia Ariani Putri 2020. Review: Asam Lemak Virgin Coconut Oil (VCO) dan Manfaatnya untuk Kesehatan. *Jurnal Agroteknologi dan Agrobisnis*. 4(1): 93–107.
- Luca, M. De, Ioele, G., Grande, F., Occhiuzzi, M.A., Chieffallo, M., Garofalo, A., and Ragno, G. 2023. Multivariate Curve Resolution Methodology Applied to the ATR-FTIR Data for Adulteration Assessment of Virgin Coconut Oil. *Molecules*. 28(12): 1–12.
- Lukman, H., Wulandari, L., dan Retnaningtyas, Y. 2016. Penentuan Kadar Flavonoid pada Ekstrak Daun Tanaman Menggunakan Metode NIR dan Kemometrik. *Jurnal Pustaka Kesehatan*. 4(1): 8–13.
- Manaf, M.A., Man, Y.B.C., Hamid, N.S.A., Ismail, A., and Abidin, S.Z. 2007. Analysis of Adulteration of Virgin Coconut Oil by Palm Kernel Olein Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Journal of Food Lipids*. 14(2): 111–121.

- Marikkar, J.M.N., and Yanty, N.A.M. 2018. Principal Component Analysis of Fatty Acid Data to Detect Virgin Coconut Oil Adulteration by Palm Olein. *Cord.* 34(1): 30–38.
- Metalisa, A. 2014. *Evaluasi Pemberian Minyak Nabati Terhadap Profil Lipida Darah Secara In Vivo*. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Jember. Jember.
- Mukhriani. 2014. Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal Kesehatan.* 6(2): 361–367.
- Neves, M.D.G., and Poppi, R.J. 2020. Authentication And Identification Of Adulterants In Virgin Coconut Oil Using ATR/FTIR in Tandem With DD-SIMCA One Class Modeling. *Talanta.* 219(1): 121338.
- Pebby, P.N.F., Lorenza, A.K., Pandhita, Mahemba, D.N.R.P., Pedo, A.P.N., Gadi, T.D., Seran, Setyaningsih, D., dan 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.
- Pranata, D., Puji, A., Winda, R., Nurlina., Intan, S., 2020. Ekstraksi Minyak Kelapa Murni dengan Metode Pengadukan dan *Cold Pressed*. *Indonesia Journal of Pure and Applied Chemistry.* 3(2):11-17.
- Purwakusumah, E.D., Rafi, M., Syafitri, U.D., Nurcholis, W., dan Adzkiya, M.A.Z. 2014. Identifikasi dan Autentikasi Jahe Merah Menggunakan Kombinasi Spektroskopi FTIR dan Kemometrik. *Agritech.* 34(1): 82–87.
- Purwaniati, Umri, Z.F., dan Rachmawati, W. 2019. Identifikasi Minyak Kedelai yang Ditambahkan dalam Produk Minyak Zaitun dengan Metode Kromatografi Gas–Spektroskopi Massa. *Ad-Dawaa 'J.Pharm.Sci.* 2(2): 55–62.
- Riddhi, P., and Rajashree, M. 2019. Pengembangan dan Validasi dari Metode Bantuan Kemometrik dan Stabilitas Menunjukkan Metode RP-HPLC untuk Estimasi Simultan Rasagiline Mesylate dan Pramipexole dalam Campuran Sintetik. *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences.* 3(8): 154–168.
- Rohman, A., Irnawati, dan Riswanto, F.D.O. 2021. *Kemometrika*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Rohman, A., dan Man, Y.B.C. 2012. Pengembangan Metode Deteksi Minyak Kedelai dalam Campuran Minyak Kelapa Murni dengan Spektroskopi Infra Merah dan Kemometrika. *Agritech.* 32(2): 111–116.

- Sanjiwani, N.M.S., Paramitha, D.A.I., Chandra, A.A., Ariawan, I.M.D., Megawati, F., Dewi, T.W.N., Miarati, P.A.M., dan Sudiarsa, I.W. 2020. Pembuatan Hair Tonic Berbahan Dasar Lidah Buaya dan Analisis dengan Fourier Transform Infrared. *Jurnal Widyadari*. 21(1): 249–262.
- Setyawati, D. 2017. *Pengaruh Air Kelapa (Cocos Nucifera L.) Terhadap Induksi Tunas Stek Tanaman Peppermint (Mentha Piperita L.)*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Lampung
- Shafirany, M.Z., Susilawati, Y., dan Musfiroh, I. 2019. Aplikasi Kemometrik dalam Penentuan Mutu Tumbuhan Obat. *Pharmauho: Jurnal Farmasi, Sains, dan Kesehatan*. 4(2): 6–14.
- Sinaga, D. 2014. *Statistika Dasar*. UKI Press. Jakarta.
- 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 - Indonesian Journal of Veterinary Sciences*. 9(2).
- Subamia, I.D.P., Widiasih, N.N., Wahyuni, I.G.A.N.S., dan Kristiyanti, P.L.P. 2023. Optimasi Kinerja Alat Fourier Transform Infrared (FTIR) Melalui Studi Perbandingan Komposisi dan Ketebalan Sampel-KBr. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*. 5(2): 58–69.
- Sun, D. 2008. *Modern Technique for Food Authentication*. Elsevier Inc. Canada.
- Suseno, J.E., dan Firdausi, K.S. 2008. Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Berkala Fisika*. 11(1): 23–28.
- Sutanto, T. J., Devi, R., dan Agus M HP. 2021. Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO) dengan Metode Enzimatik dan Fermentasi. *ICOMES: Indonesian Journal of Community Empowerment and Service*. 1(1): 6-9.
- Taufik, M., dan Hermawan Seftiono. 2018. Karakteristik Fisik dan Kimia Minyak Goreng Sawit Hasil Proses Penggorengan Metode Deep Fat Frying. *Jurnal Teknologi*. 10(2): 123–130.
- Thomas, A. 2002. *Fats and Fatty Oils*. Wiley-VCH. Weinheim.
- Utami, P.I., Ryandita, I., dan Sundhani, E. 2018. Fourier Transform Infra Red Spectroscopy untuk Identifikasi Minyak Babi dalam Minyak Bumbu Mie

- Instan Impor. *Jurnal University Research Colloquium*. 27(1): 686–694.
- Wijaya, D.R., Paramitha, M., dan Putri, N.P. 2019. Ekstraksi Oleoresin Jahe Gajah (*Zingiber officinale* var. *Officinarum*) dengan Metode Sokletasi. *Jurnal Konversi*. 8(1): 9–16.
- Wijaya, H., Jubaidah, S., dan Rukayyah 2022. Perbandingan Metode Esktraksi Maserasi dan Sokhletasi Terhadap Rendemen Ekstrak Batang Turi (*Sesbania Grandiflora* L.). *Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product*. 5(1): 1–11.
- Zulfahrizal, Munawar, A.A., Mahlinda, and Syaifullah Muhammad 2021. Rapid Detection of Patchouli Oil Mixed by Coconut Oil Using NIRS Technology and Chemometrics Method. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 644(012005): 1–8.