

**IDENTIFIKASI DAN AUTENTIKASI JAHE MERAH YANG  
TERKANDUNG DALAM MINUMAN KEMASAN MENGGUNAKAN  
METODE SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER TRANSFORM INFRARED*  
(FTIR) DAN KEMOMETRIKA**

**(Skripsi)**

**Oleh  
SYLFIA AINI  
2017011078**



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

## ABSTRAK

### IDENTIFIKASI DAN AUTENTIKASI JAHE MERAH YANG TERKANDUNG DALAM MINUMAN KEMASAN MENGGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER TRANSFORM INFRARED* (FTIR) DAN KEMOMETRIKA

Oleh

**SYLFIA AINI**

Tingginya harga jahe merah di pasar serta banyaknya manfaat menyebabkan jahe ini sering dicampur dengan jahe jenis lain oleh pedagang yang membuat kerugian bagi konsumen. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk menganalisis kemurnian jahe merah di pasar Kota Bandar Lampung dan mengevaluasi validitas metode spektrofotometri FTIR dan kemometrika. Metode penelitian meliputi preparasi standar, sampling minuman jahe merah kemasan yang beredar di pasar Kota Bandar Lampung, Preparasi set kalibrasi dan set validasi, menganalisis menggunakan instrument FTIR, dan mengolah data hasil FTIR dengan metode PCA dan PLS menggunakan *software* Minitab. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa sampel B cenderung mengelompok pada jahe merah, sedangkan sampel A, C, D dan E mengelompok pada jahe gajah. Pemodelan PLS pada set kalibrasi menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0,999973 dengan nilai RMSEC sebesar 0,1888%, sedangkan, hasil pemodelan set validasi menggunakan metode PLS menunjukan nilai  $R^2$  sebesar 0,999813 dan RMSECV sebesar 1,684%. Hal ini, menunjukkan bahwa model yang dibuat sudah baik karena tingkat kesalahan yang rendah. Hasil prediksi menggunakan model PLS yang dikombinasikan dengan boxplot menunjukkan kadar jahe merah yang terkandung dalam sampel berkisar antara 16,23% - 97,69%.

**Kata kunci:** Jahe, Spektrofotometri FTIR, Kemometrika, PCA, dan PLS.

## **ABSTRACT**

### **IDENTIFICATION AND AUTHENTICATION OF RED GINGER CONTAINED IN PACKAGED BEVERAGES USING FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR) SPECTROPHOTOMETRY AND CHEMOMETRIC METHODS**

**By**

**SYLFIA AINI**

The high price of red ginger in the market and its many benefits cause this ginger is often mixed with other types of ginger by traders which makes harm to consumers. Therefore, this study was conducted with the aim of analyzing the purity of red ginger in Bandar Lampung City market and evaluating the validity of FTIR spectrophotometric and chemometric methods. The research methods include standard preparation, sampling of packaged red ginger drinks circulating in the Bandar Lampung City market, preparation of calibration sets and validation sets, analyzing using FTIR instruments, and processing FTIR result data with PCA and PLS methods using Minitab software. The results of PCA analysis show that sample B tends to cluster on red ginger, while samples A, C, D and E cluster on elephant ginger. PLS modeling on the calibration set produced an R<sup>2</sup> value of 0.999973 with an RMSEC value of 0.1888%, whereas, the results of modeling the validation set using the PLS method showed an R<sup>2</sup> value of 0.999813 and an RMSECV of 1.684%. This shows that the model made is good because of the low error rate. The prediction results using the PLS model combined with boxplots showed that the red ginger concentration contained in the samples ranged from 16.23% to 97.69%.

**Keywords:** Ginger, FTIR Spectrophotometry, Chemometrics, PCA, and PLS.

**IDENTIFIKASI DAN AUTENTIKASI JAHE MERAH YANG  
TERKANDUNG DALAM MINUMAN KEMASAN MENGGUNAKAN  
METODE SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER TRANSFORM INFRARED*  
(FTIR) DAN KEMOMETRIKA**

**Oleh**

**SYLFIA AINI**

**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**



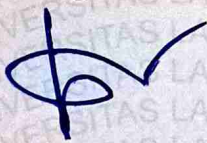
**Judul : IDENTIFIKASI DAN AUTENTIKASI  
JAHE MERAH YANG TERKANDUNG  
DALAM MINUMAN KEMASAN  
MENGUNAKAN METODE  
SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER*  
*TRANSFORM INFRARED (FTIR)* DAN  
KEMOMETRIKA**

**Nama : *Sylfia Aini***  
**NPM : 2017011078**  
**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 FMIPA**



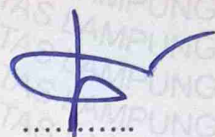
**Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si.  
NIP. 197205302000032001**



**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

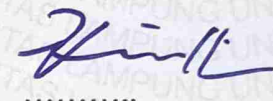
Ketua : **Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc.**



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



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Rinawati, Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **25 Juli 2024**



**LEMBAR PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sylfia Aini  
Nomor Induk Mahasiswa : 2017011078  
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 Autentikasi Jahe Merah yang Terkandung dalam Minuman Kemasan Menggunakan Metode Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (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, 1 Agustus 2024  
Yang menyatakan,


Sylfia Aini  
NPM. 2017011078

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis bernama lengkap Sylfia Aini, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 1 Juni 2001 yang merupakan anak ke dua dari lima bersaudara. Penulis lahir dari pasangan suami istri yaitu Bapak Ahmad Akil dan Sulawati, penulis memiliki satu orang kakak yang bernama Ahmad Safei dan adik-adik yang bernama Mahatir Muhammad, Rinjani Putri Tanjung, dan Ahmad Firdaus Tanjung. Penulis sekarang bertempat tinggal di Jl. Nunyai No.68, Rajabasa, Bandar Lampung, Lampung.

Penulis telah menyelesaikan pendidikan mulai dari TK Puri Sejahtera pada tahun 2008, SDN 3 Rajabasa lulus pada tahun 2014, SMPN 2 Bandar Lampung lulus pada tahun 2017, SMAN 3 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 Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selain fokus belajar di bangku perkuliahan, penulis juga aktif dalam berorganisasi. Organisasi yang pernah diikuti adalah Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Unila sebagai anggota Bidang Sosial dan Masyarakat pada tahun 2021, kemudian pada tahun 2022 melanjutkan organisasi di Himaki sebagai Sekretaris Bidang Sosial dan Masyarakat. Selain mengikuti organisasi, penulis juga pernah mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) penelitian pada tahun 2022.



# MOTTO

“Cukuplah Allah menjadi penolong kami dan Allah adalah sebaik baik pelindung”

(Q.S. Ali Imran: 173)

“Bersyukur atas apa yang ada, berusaha untuk apa yang diinginkan”

“Kesuksesan tidak datang dari apa yang kita lakukan sesekali, tetapi dari apa yang kita lakukan secara konsisten”

(Marie Forleo)

“Berbuat baiklah kepada siapapun, meskipun dianggap sepele, namun berdampak besar bagi orang lain”

## 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:

Ayah Ahmad Akil dan (Almh) Ibu Sulawati serta Bunda Ellyanah yang telah mengandung, melahirkan, membesarkan, mendidik, memberikan cinta, mendoakan siang dan malam, menyemangati, serta senantiasa mendukung dan menemani setiap langkahku dengan penuh ketulusan dan kasih sayang. Lewat karya ini saya ingin berterima kasih kepada kalian. Semoga Allah SWT hadiahkan *Jannah-Nya* untukmu, *Aamiin yaa Robbal'alamin*.

kakak Ahmad Safei dan adik-adik Mahatir Muhammad, Rinjani Putri Tanjung, dan Ahmad Firdaus Tanjung yang telah mendukung dan mendoakan dalam segala hal. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan, keberhasilan, dan kebahagiaan kepada kalian.

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

## 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 Autentikasi Jahe Merah yang Terkandung dalam Minuman Kemasan Menggunakan Metode Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (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. Orang tua, Ayah Ahmad Akil dan (Almh) Ibu Sulawati serta Bunda Ellyanah yang senantiasa selalu mendoakan, membimbing, mendukung, memberikan kasih sayang yang melimpah, serta menjadi penyemangat utama bagi penulis.
3. kakak Ahmad Safei dan adik-adik Mahatir Muhammad, Rinjani Putri Tanjung, dan Ahmad Firdaus Tanjung serta keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan dukungan bagi penulis.
4. Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik 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 selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini



5. Bapak Dr. Irwan Saputra, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, terima kasih banyak sudah memberikan bimbingan, masukan, saran, motivasi, serta dukungan lainnya kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
6. Ibu Dr. Rinawati, Ph.D, selaku Dosen Pembahas, terima kasih banyak atas saran, masukan, nasihat, serta dukungan lainnya kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
7. 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.
8. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu, pengalaman, dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan.
9. Rekan penelitian saya Nadia Anindhita, Safitri Hauratul Jamal, dan M. Dwi Febriyanto. Terima kasih banyak atas bantuan, dukungan, pengalaman suka dan duka serta telah membersamai penelitian hingga selesai.
10. Kepada Arip Ramadani yang selalu menemani dalam keadaan suka maupun duka, mendengarkan keluh kesah penulis, terima kasih atas motivasi, dukungan, perhatiannya.
11. Teman-teman penulis Nadia Mutiara, Maulana Bintang, Putri Ardila, Anggun Putri, Ahmad Sulaiman, M. Zidan Al-Aqli serta teman-teman Kimia Angkatan 2020 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan serta dukungannya.
12. Teman-teman pimpinan Himaki periode 2022 M. Sabil, Anisa Cikal, Nabila Azzahra, Fadhillah Nurul Aini, Qori Hikmah, Rizqohayyu, Ibnah Warda Naila, dan Dian Safitri terima kasih banyak atas pengalaman dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
13. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang telah memberikan dukungan, doa, nasihat, dan bimbingan dalam penulisan laporan ini.

14. Kepada diri saya sendiri, Sylfia Aini, terima kasih atas kesabaran dan kerja keras yang telah dilakukan selama proses perkuliahan hingga penulisan skripsi ini. Tidak mudah untuk menghadapi berbagai rintangan dan tantangan, tetapi ketekunan dan tekad telah membawa penulis hingga mendapatkan gelar sarjana sains. Semoga hasil dari usaha ini menjadi awal dari pencapaian-pencapaian berikutnya.

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, 1 Agustus 2024  
Penulis,

Sylfia Aini  
NPM. 2017011078

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Jahe .....	5
2.1.1 Jahe Merah ( <i>Zingiber officinale var rubrum</i> ) .....	7
2.1.2 Jahe Emprit ( <i>Zingiber officinale var. Rubrum</i> ) .....	8
2.1.3 Jahe Gajah ( <i>Zingiber officinale var. officinarum</i> ) .....	8
2.2 Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR) .....	9
2.3 Kemometrika .....	13
2.3.1 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	15
2.3.2 <i>Partial Least Square</i> (PLS) .....	16
2.4 Maserasi.....	18
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>18</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	18
3.3 Prosedur Penelitian .....	18
3.3.1 Preparasi Sampel Murni.....	18
3.3.2 Pembuatan Set Kalibrasi dan Set Validasi.....	19
3.3.3 Preparasi Sampel yang Beredar di Pasar .....	20
3.3.4 Analisis Data Kemometrik.....	21
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>24</b>
4.1 Pengantar .....	24
4.2 Lokasi Sampling.....	24
4.3 Ekstraksi Standar Jahe Merah, Jahe Emprit, Jahe Gajah, dan Sampel Minuman Jahe Kemasan.....	26
4.4 Hasil Karakterisasi Fourier Transform Infrared (FTIR).....	27
4.4.1 Standar Jahe Merah, Jahe Emprit, dan Jahe Gajah .....	27



4.4.2 Sampel Minuman Jahe Kemasan.....	29
4.5 Analisis Kemometrika Metode Principal Component Analysis (PCA) .....	30
4.6 Hasil Karakterisasi Fourier Transform Infrared (FTIR) dari Set Kalibrasi dan Set Validasi .....	34
4.6.1 Spektrum Set Kalibrasi .....	34
4.6.2 Spektrum Set Validasi .....	35
4.7 Analisis Kemometrika Metode Partial Least Square (PLS) .....	36
4.7.1 Pemodelan Kalibrasi dengan PLS.....	37
4.7.2 Evaluasi Model Kalibrasi dengan Set Validasi dan Metode PLS.....	38
4.8 Deteksi Kemurnian Sampel Menggunakan Boxplot .....	39
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>41</b>
5.1 Simpulan.....	41
5.2 Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Senyawa Kimia Jahe Gajah, Jahe Merah dan Jahe Emprit .....	6
2 Pita khas dari tiap contoh jahe pada kisaran bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) tertentu .....	12
3. Konsentrasi jahe merah dan jahe emprit atau jahe gajah untuk set kalibrasi....	20
4. Konsentrasi jahe merah dan jahe emprit atau jahe gajah untuk set validasi. ....	20
5. Lokasi Pembelian Sampel.....	25
6. Puncak Utama Spektrum FTIR Standar Jahe .....	28
7. Puncak Utama Spektrum FTIR Sampel .....	30
8. Nilai Eigen Korelasi dengan Matriks .....	31
9. Kadar Kemurnian Sampel Jahe .....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jahe merah.....	7
2. Jahe emprit .....	8
3. Jahe gajah.....	8
4 Spektrum FTIR representatif ekstrak etanol jahe merah (a), jahe emprit (b), dan jahe gajah (c) (Purwakusumah dkk., 2014). .....	12
5. Plot FD jahe merah, jahe emprit, dan jahe gajah .....	16
6. Peta Lokasi Pembelian Sampel .....	25
7. Spektrum FTIR Standar Jahe .....	27
8. Spektrum FTIR Sampel yang Beredar .....	29
9. Grafik Antara Bilangan Gelombang yang Digunakan dengan Nilai Eigen .....	32
10. Score Plot PCA Standar Jahe dan sampel .....	33
11. Plot 3D PCA Standar Jahe dan sampel .....	34
12. Spektrum FTIR Set Kalibrasi.....	35
13. Spektrum FTIR Set Validasi .....	36
14. Model PLS Set Kalibrasi.....	38
15. Model PLS Set Validasi .....	39
16. Boxplot Kadar Kemurnian Sampel Jahe .....	40



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki salah satu spesies jahe terbesar yaitu jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*). Selain di Indonesia, spesies jahe banyak tersebar di Asia Timur dan Australia bagian tropis. Pemanfaatan jahe tersebut dapat digunakan sebagai bahan makanan dan pengobatan tradisional untuk berbagai jenis penyakit. Sebagai tanaman herbal, jahe telah lama digunakan diberbagai negara seperti China, India, dan Arab (Sari dan Anas, 2021). Seiring berkembangnya teknologi, jahe tidak hanya bisa dimakan mentah atau dimasak sebagai bahan campuran masakan. Namun, sekarang muncul berbagai jenis olahan jahe seperti permen jahe, asinan jahe, jahe dalam sirup, manisan kering jahe, kopi jahe, dan minuman jamu tradisional jahe yang dapat mengobati berbagai jenis penyakit seperti penyakit flu, sakit kepala, demam, mual, rematik, asma, menurunkan glukosa darah, dan menjaga sistem imun tubuh. Banyaknya manfaat dari minuman tradisional jahe menyebabkan masyarakat tetap menggunakan jamu tradisional untuk mengobati berbagai penyakit tersebut, karena pengobatan modern seringkali berakibat pada beban finansial yang signifikan.

Tanaman herbal merupakan tumbuhan yang memiliki fungsi dan khasiat tertentu untuk kesehatan salah satu tanaman herbal yang biasa digunakan yaitu jahe merah. Selain itu, terdapat dua jenis jahe lainnya yaitu jahe emprit (*Z. officinale* var *amarum*), dan jahe gajah (*Z officinale* var *officinarum*). Jahe merah memiliki

kandungan senyawa yang terkandung lebih tinggi dibandingkan jenis jahe yang lainnya. Secara tradisional, membedakan ketiga jenis jahe ini dapat melalui rasa pedas pada jahe merah dan emprit lebih tinggi daripada jahe gajah serta bentuk fisik rimpang masing-masing jahe tersebut. Jahe merah memiliki rimpang berwarna merah dan ruas yang kecil, jahe emprit memiliki rimpang berwarna putih atau kuning dengan ruas yang kecil, sedangkan untuk jahe gajah rimpangnya berwarna putih atau kuning dengan ruas yang lebih besar. Kandungan senyawa kimia dalam rimpang jahe terdiri dari zat gingerol, oleoresin, minyak atsiri dengan konsentrasi tinggi. Adanya perbedaan tersebut menandakan kandungan senyawa kimia tertentu yang ada pada ketiga jenis jahe tersebut memiliki perbedaan yang akan berkorelasi terhadap aktivitas biologis yang ditimbulkan. Bahan baku penyusun suatu produk jamu herbal dengan tumbuhan yang berkerabat dekat dapat menjadi masalah serius karena akan menghasilkan perbedaan khasiat yang ditimbulkan. Harga jahe merah umumnya lebih tinggi daripada jahe emprit dan jahe gajah di pasar tradisional Indonesia. Keadaan tersebut dapat menjadi alasan jahe emprit atau jahe gajah menjadi bahan pemalsu yang potensial terhadap jahe merah. Hal lainnya adalah akan sulit membedakan ketiga jenis jahe tersebut jika diperjualbelikan dalam bentuk bubuk yang hampir mirip satu sama lainnya. Oleh karena itu, identifikasi dan diskriminasi jahe merah dari jenis jahe lainnya yang diperjualbelikan dalam bentuk simplisia dan bubuk minuman kemasan menjadi sangat penting dalam menjamin autentisitas, kualitas, keamanan, dan efikasi sebelum dikonversi menjadi produk akhirnya (Purwakusumah dkk., 2014).

Metode analitik untuk identifikasi, diskriminasi, dan autentikasi suatu tumbuhan dalam rangka penjaminan kualitas bahan baku saat ini difokuskan pada komponen kimia yang menyebabkan adanya aktivitas tertentu dari tumbuhan obat. Diantara teknik-teknik yang ada dalam bidang penelitian, spektroskopi FTIR dapat menjadi pilihan yang menarik karena dapat memenuhi kriteria analisis yang efisien seperti mudah digunakan, cepat, dan murah (Bunaciu dkk., 2011). Spektrum FTIR yang dihasilkan merupakan informasi data yang sangat kompleks, sehingga akan menggambarkan secara menyeluruh karakteristik kimia suatu bahan. Oleh karena itu spektrum FTIR dapat digunakan untuk membedakan

tumbuhan yang satu dengan yang lainnya walaupun komposisi senyawa kimianya belum diketahui secara pasti (Sun dkk., 2010). Pola spektrum IR yang kompleks menyebabkan interpretasi secara langsung dan visual menjadi tidak mudah. Untuk lebih memudahkannya diperlukan bantuan teknik kemometrika seperti analisis multivariat (Gad dkk., 2012). Keuntungan dari penggunaan teknik kemometrika untuk interpretasi spektrum IR adalah kemampuannya dalam mengkaitkan profil spektrum dengan informasi tersembunyi yang terkandung pada sampel (Zou dkk., 2005).

Dalam penelitian ini digunakan metode analisis untuk kontrol kualitas (identifikasi dan autentikasi) jahe merah yang telah diperjual belikan dalam bentuk simplisia maupun bubuk minuman kemasan yang cepat menggunakan spektrofotometri FTIR dan kombinasinya dengan kemometrika menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS) tanpa menghilangkan kebutuhan akan presisi dan akurasi. Metode gabungan ini akan menghemat waktu dan biaya analisis karena sampel dianalisis dalam bentuk ekstrak kasar sehingga tidak memerlukan tahapan analisis yang panjang.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

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

1. Mengidentifikasi kemurnian minuman jahe merah bubuk kemasan yang beredar di pasar Kota Bandar Lampung.
2. Mengetahui kadar kemurnian minuman jahe merah bubuk kemasan yang beredar di pasar Kota Bandar Lampung.
3. Mengetahui validitas metode analisis minuman jahe menggunakan spektrofotometer FTIR dan kemometrika *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS).



### **1.3 Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui perbedaan minuman jahe merah kemasan murni dan yang mengandung campuran menggunakan metode spektrofotometer FTIR dan kemometrika.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai adanya campuran pada minuman jahe merah kemasan yang beredar di pasar Kota Bandar Lampung.
3. Sebagai sumber informasi mengenai penggunaan spektrofotometer FTIR dalam membedakan minuman jahe merah kemasan dan campuran menggunakan metode PCA dan PLS.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Jahe

Jahe (*Zingiber officinale*) adalah tanaman rempah yang berasal dari Asia Selatan, dan sekarang telah tersebar ke seluruh dunia (Aryanta, 2019). Tanaman jahe memiliki bentuk tegak, tingginya dapat mencapai 40-100 cm, serta dapat berumur tahunan. Tanaman ini memiliki bentuk batang semu yang tersusun atas helaian daun yang pipih memanjang dengan ujung lancip berwarna hijau muda. Jahe dapat digolongkan sebagai tanaman apotek hidup karena merupakan tanaman yang memiliki khasiat sebagai obat.

Manfaat jahe telah lama dikenal secara turun-temurun sebagai obat tradisional yang mampu mengobati berbagai penyakit, seperti rematik, menetralkan perut kembung, masuk angin, penghangat tubuh, menjaga stamina, migrain, flu, batuk berdahak, dan penyakit lainnya. Selain sebagai obat tradisional jahe juga dimanfaatkan sebagai bumbu dapur, industri minyak wangi, roti, sirup, kembang gula, serta kosmetik. Jahe dapat diolah menjadi berbagai produk olahan seperti jahe seperti jahe segar, jahe kering, asinan jahe, serbuk jahe, jahe instan, kopi jahe, anggur jehe dan lain-lain (Putri, 2019).

Di Indonesia, tiga jenis jahe (jahe merah, jahe gajah, dan jahe emprit) yang banyak dibudidayakan secara intensif di daerah Rejang Lebong (Bengkulu),

Bogor, Magelang, Yogyakarta, dan Malang, dan dimanfaatkan untuk bumbu masakan, bahan obat herbal dan untuk minuman (Santoso, 2008).

**Tabel 1.** Senyawa Kimia Jahe Gajah, Jahe Merah dan Jahe Emprit

No	Nama Senyawa	% Kandungan Senyawa					
		Jahe Gajah		Jahe Merah		Jahe Emprit	
		Segar	Kering	Segar	Kering	Segar	Kering
1	<i>Sabiene</i>	21,3	-	3,98	-	-	-
2	<i>Citrolnellol</i>	4,2	3,96	-	-	-	-
3	<i>Z- Citral</i>	4,17	2,57	8,88	4,4	8,14	6,32
4	<i><math>\alpha</math>-Zingiberen</i>	0,12	22,51	22,72	16,13	-	17,16
5	<i><math>\beta</math>-sesquiphellandrene</i>	6,76	8,05	11,46	8,62	5,57	14,6
6	<i>Ar-Curcumene</i>	5,21	5,72	6,87	8,71	4,37	12,62
7	<i>1,8-Cineole</i>	-	6,18	-	4,03	-	-
8	<i>Geraniol</i>	5,29	7	10,38	10,92	-	13,02
9	<i>Geranial</i>	6,88	4,27	-	-	-	-
10	<i><math>\beta</math>-Bisabolene</i>	-	5,27	11,39	-	-	10,48
11	<i><math>\alpha</math>-Farnesene</i>	4,06	8,04	-	10,08	-	1,12
12	<i>3,7-Decadiene</i>	-	-	-	-	11,91	-
13	<i>3-Buten-2-ol</i>	-	-	-	-	4,74	-
14	<i>9,12-Octadecadiene Orchid</i>	-	-	-	-	14,13	-
15	<i>Eugenol</i>	-	-	2,17	-	-	-
16	<i>Geranyl Acetat</i>	-	-	2,99	-	-	-
17	<i>Cyclobutene</i>	-	-	-	-	2,85	-
18	<i>5-Iso propyl-6</i>	-	-	-	-	2,97	7,98
19	<i>Camphene</i>	-	-	5,95	-	-	2,74
20	<i>Endo Borneol</i>	-	-	2,06	-	-	-

(Pujilestari dan Nami, 2009)

Perbedaan senyawa kimia yang keberadaannya selalu muncul pada ke tiga jenis jahe baik dalam keadaan kering maupun basah dapat dilihat pada Tabel 1, yaitu *Z-citral*, *Ar curcumene*, dan  *$\beta$ -sesquiphellandrene*. Kandungan *Z-citral* tertinggi didapat dari jahe merah segar yaitu sebesar 8,88%,  *$\beta$ -sesquiphellandrene* tertinggi didapat dari jahe emprit kering yaitu 14.60%, *Ar Curcumene* tertinggi didapat dari jahe emprit yaitu sebesar 12.62 %. Senyawa  *$\alpha$ -Zingiberen*, *Geraniol*, dan  *$\alpha$ -Farnesene* juga terdapat pada ketiga jenis jahe tersebut tetapi hanya dalam kondisi kering. Senyawa  *$\alpha$ -Farnesene* baru muncul pada jahe merah kering, sedangkan senyawa  *$\alpha$ -Zingiberen*, *Geraniol*, dan  *$\alpha$ -Farnesene* juga baru muncul pada jahe emprit. Jahe emprit merupakan jenis jahe yang kandungan senyawa kimianya

relative berbeda antara basah dan kering, terdapat beberapa senyawa dalam keadaan basah tetapi setelah dikeringkan senyawa tersebut menjadi tidak ada (Pujilestari dan Nami, 2009).

### 2.1.1 Jahe Merah (*Zingiber officinale var rubrum*)

Jahe Merah (*Zingiber officinale var rubrum*) merupakan salah satu spesies jahe yang tersebar di wilayah Indonesia. Genus *Zingiber* terdiri dari  $\pm$  85 spesies herbal yang tersebar di Asia Timur dan Australia bagian tropis (Sabulal dkk., 2006). Jahe merah secara morfologis mirip dengan jahe biasa, tetapi rhizome dari jenis ini lebih kecil dan lebih pedas, berwarna merah di luarnya dengan kuning hingga merah muda untuk bagian dalamnya. Warna daun hijau gelap, berselang-seling teratur, memiliki aroma yang tajam dan rasa yang pedas, dan berserat kasar (Ibrahim dkk., 2008). Bentuk jahe merah dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Jahe merah

Keunggulan jahe merah adalah kandungan senyawa yang terkandung lebih tinggi dibandingkan jenis jahe yang lain. Kandungan senyawa kimia dalam rimpang terdiri dari zat gingerol, zingiberin, kamfena, lemonin, oleoresin, serta minyak atsiri dengan konsentrasi tinggi, sehingga lebih banyak digunakan sebagai obat. Rimpang jahe merah yang mengandung gingerol dan berbau khas berkhasiat memperkuat lambung dan menambah nafsu makan serta mencegah tersumbatnya pembuluh darah. Selain itu, jahe merah juga dapat menghangatkan tubuh dan membantu mengeluarkan gas, sehingga lambung menjadi nyaman, juga meringankan kram pada perut (Putri, 2019). Sebagai tanaman herbal, jahe telah lama digunakan di berbagai negara seperti China, India, dan Arab untuk mengobati penyakit (flu, sakit kepala, demam, mual, dan rematik) (Koswara dan Astrid, 2015).

### 2.1.2 Jahe Emprit (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*)



**Gambar 2.** Jahe emprit

Jahe emprit (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) dapat dikenali melalui ciri-ciri rimpangnya yang kecil dan pipih, berwarna putih kekuningan, memiliki serat berlapis yang lembut, daun serta batangnya memiliki warna hijau muda yang khas. Bentuk jahe emprit dapat dilihat pada Gambar 2. Jahe emprit ini adalah salah satu jenis jahe yang banyak dimanfaatkan dalam industri obat-obatan. Khasiatnya telah lama diakui karena rimpangnya yang berserat lembut namun memiliki aroma tajam dan rasa pedas, meskipun memiliki ukuran rimpang yang kecil. Selain itu, jahe emprit juga kaya akan nutrisi, mengandung sekitar 58% pati, 8% protein, 3-5% oleoresin, dan 1-3% minyak atsiri. Semua sifat-sifat ini menjadikan jahe emprit sebagai bahan baku obat yang sangat berharga dan sering digunakan dalam berbagai formulasi obat-obatan tradisional maupun modern (Rukmana, 2000).

### 2.1.3 Jahe Gajah (*Zingiber officinale* var. *officinarum*)



**Gambar 3.** Jahe gajah

Jahe Gajah (*Zingiber officinale* var. *officinarum*) memiliki warna putih, kuning muda, atau kuning. Bentuknya yang besar dan gemuk membuatnya sering disebut jahe gajah. Ruas rimpang jahe gajah lebih menggebung dari varietas jahe lainnya. Serat jahe ini halus dan sedikit serta memiliki aroma, tetapi rasanya kurang tajam atau pedas (Jauhary, 2020). Bentuk dari jahe gajah dapat dilihat pada Gambar 3.

Rimpang jahe gajah baik digunakan pada saat berumur muda atau tua yang dapat dimanfaatkan sebagai bumbu masak atau berupa jahe instan, jahe segar, serbuk jahe, jahe kering, atau asinan jahe. Jahe jenis ini juga digunakan sebagai penambah aroma pada permen, sirop, atau roti. Karena kandungan asirinya yang rendah, maka jahe gajah kurang cocok untuk ramuan obat (Putri, 2019).

## **2.2 Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR)**

*Fourier Transform Infrared* (FTIR) merupakan salah satu instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. *Fourier Transform Infrared* adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya (Anam *et al.*, 2007). Spektroskopi inframerah memiliki manfaat untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks, spektrum yang kompleks dikarenakan terdiri dari banyak puncak yang menandakan adanya gugus fungsi yang ditandai dengan bilangan gelombang (Chusnul, 2011). Pada umumnya pembuatan spektrum sampel menggunakan FTIR memiliki tiga teknik pembuatan spektrum sampel yang memiliki karakteristik spektrum vibrasi molekul tertentu yaitu *Demountable liquid cell*, *Diffuse reflectance measuring* (DRS-8000), *Total Attenuated Reflectance* (ATR 8000) (Beasley *et al.*, 2014). Spektrofotometer FTIR merupakan alat yang dapat digunakan untuk identifikasi senyawa, khususnya senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.



a. Analisis kualitatif

Analisis kualitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk identifikasi gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam suatu senyawa yang dianalisis.

b. Analisis kuantitatif

Analisis kuantitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk menentukan konsentrasi analit dalam sampel.

Spektrofotometer inframerah bekerja berdasarkan prinsip fotometri, di mana sinar yang berasal dari sumber inframerah terdiri dari kombinasi panjang gelombang yang beragam. Sinar ini, setelah melewati interferometer, difokuskan pada sampel yang sedang dianalisis. Cahaya yang ditransmisikan melalui sampel kemudian difokuskan ke detektor. Perubahan intensitas cahaya menghasilkan gelombang interferensi, yang kemudian diubah menjadi sinyal oleh detektor. Sinyal ini diperkuat oleh penguat dan diubah menjadi sinyal digital.

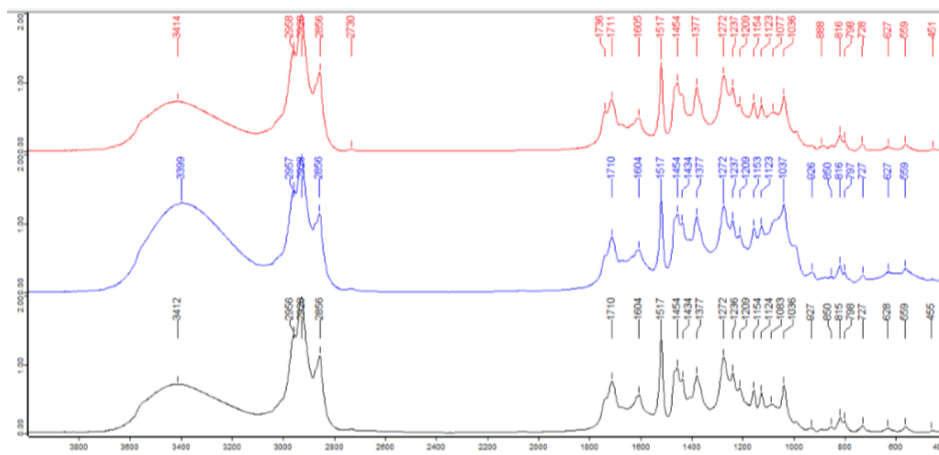
Pada sistem optik FTIR, radiasi laser diinterferensikan dengan radiasi inframerah. Hal ini dilakukan agar sinyal radiasi inframerah diterima oleh detektor secara keseluruhan dan dengan kualitas yang lebih baik. Dengan pendekatan ini, spektrofotometer inframerah dapat memberikan data spektral yang akurat dan detail tentang sampel yang dianalisis, memungkinkan interpretasi yang lebih mendalam dalam analisis kimia dan fisika sampel tersebut (Yudhapratama, 2010).

Energi yang digunakan dalam radiasi IR terbatas pada transisi molekul yang melibatkan vibrasi dan rotasi, terutama terjadi pada kisaran  $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$  atau panjang gelombang  $2.5\text{-}25\text{ }\mu\text{m}$ . Penggunaan umum spektroskopi FTIR adalah:

1. Identifikasi semua jenis senyawa organik dan beberapa jenis senyawa anorganik
2. Penentuan gugus fungsi senyawa organik
3. Analisis kuantitatif beberapa komponen dalam campuran
4. Metode non-destruktif
5. Penentuan struktur molekul dan stereokimia

Terdapat tiga teknik pengukur sampel yang umum digunakan dalam pengukuran spektrum FTIR yaitu *Photo Acoustic Spectroscopy (PAS)*, *Attenuated Total Reflectance (ATR)*, *Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform (DRIFT)*. Setiap teknik memiliki karakteristik spektrum vibrasi tertentu (Sulistyani dan Huda, 2018).

*Attenuated Total Reflectance (ATR)* adalah teknik cepat yang merupakan langkah awal yang berguna untuk mengkarakterisasi material dengan persiapan sampel minimal. Kelebihan ATR adalah persiapan sampel yang minimal, variasi spektrum lebih lebar karena persiapan sampel minimal, dan tanpa menggunakan KBr grinding serta perbedaan ukuran partikel diabaikan. ATR didasarkan pada fenomena refleksi intrernal total, dan mengukur perubahan yang terjadi dalam sinar inframerah yang dipantulkan internal dalam interaksi dengan sampel melalui seng selenida (ZnSe) kristal atau berlian. Ketika sampel ditempatkan dalam kontak dengan kristal ATR, gelombang IR yang dihasilkan dilemahkan dalam daerah spektrum IR sampel menyerap *energy*. Dengan tanpa mencampur sampel dengan KBr seperti pada transmisi FTIR, sampel ditempatkan langsung pada pelat sampling dari atas jendela optic dengan kristal ZnSe, kemudian ditahan oleh sebuah penjepit kompresi untuk memastikan kontak yang baik antara sampel dan kristal. Teknik ATR yaitu pengukuran pantulan internal dengan menggunakan sel *Attenuated Total Reflectance (ATR)* yang mengalami kontak langsung dengan sampel. ATR dapat digunakan untuk sampel padat, zair, semi padat, dan lapisan tipis. Pada penelitian Purwakusumah dkk. (2014) mengenai analisis jahe dengan spektroskopi FTIR memperoleh hasil spektrum yang dapat dilihat pada Gambar 4. dengan penjelasan pada Tabel 2.



**Gambar 4** Spektrum FTIR representatif ekstrak etanol jahe merah (a), jahe emprit (b), dan jahe gajah (c) (Purwakusumah dkk., 2014).

**Tabel 2** Pita khas dari tiap contoh jahe pada kisaran bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) tertentu

Pita	Jahe Merah	Jahe Emprit	Jahe Gajah
1	3401-3422	3379-3420	3405-3415
2	2957-2959	2956-2958	2956
3	2927-2929	2928-2930	2927-2928
4	2856-2857	2856-2857	2855-2856
5	1734-1738	1735	1735
6	1711-1713	1709-1711	1708-1711
7	1604-1607	1604	1603-1613
8	1517	1516-1517	1516-1517
9	1454-1455	1453-1454	1454-1455
10	1377	1377-1378	1377
11	1271-1272	1271-1272	1272
12	1237	1236-1237	1236-1237
13	1153-1154	1152-1154	1154
14	1123-1124	1123-1124	1123-1125
15	1077-1082	1077-1081	1079-1088
16	1036	1036-1039	1035-1036
17	926	924-926	924-925
18	849-850	850-852	849-850
19	816	816	815-816
20	797-798	797-798	797-798
21	726-728	727-728	726-728
22	627-629	626-628	627-630
23	559	558-559	559

(Purwakusumah dkk., 2014).

Pada spektrum FTIR tersebut pita serapan yang dimunculkan oleh tiga jenis ekstrak jahe dihasilkan: pita 1 ( $3379-3422\text{ cm}^{-1}$ ) yang cukup lebar mengindikasikan vibrasi ulur O-H; pita 2,3, dan 4 dengan puncak yang tajam dan berdekatan disekitar  $2950$  dan  $2850\text{ cm}^{-1}$  menandakan vibrasi ulur C-H pada metil dan metilena; dan pita 5 dan 6 ( $1708-1738\text{ cm}^{-1}$ ) ditetapkan sebagai vibrasi ulur C=O, pita 7 ( $1604-1613\text{ cm}^{-1}$ ) menandakan vibrasi ulur C=C; pita 12 ( $1271-1272\text{ cm}^{-1}$ ) sebagai vibrasi tekuk C-O dari minyak atsiri dan sakarida; pita 14 ( $1152-1154$ ), 16 ( $1077-1082$ ), dan 17 ( $1035-1039$ ) ditetapkan sebagai vibrasi tekuk C-C-O atau C-C-OH dari pati. Tabel 2 menunjukkan pita khas dari jahe merah, jahe emprit, dan gajah. Pola spektrum yang identik ini menyebabkan sulit untuk membedakan ketiga jenis jahe dengan hanya menggunakan spektrum FTIR. Oleh karena itu diperlukan bantuan metode kemometrika untuk dapat membedakan ketiganya.

### 2.3 Kemometrika

Kemometrika merupakan penerapan teknik matematika dan statistik untuk mendapatkan lebih banyak informasi dari data kromatografi. Kemometrika telah berkembang pesat sejak awal abad ke-20. Alasan berkembangnya metode kemometrika yaitu banyaknya data yang dihasilkan oleh peralatan multi elemen dan multi komponen modern, sehingga diperlukan penerapan metode kemometrika untuk mengolah informasi penting serta adanya kepopuleran komputer dalam pengolahan data mengakibatkan metode kemometrika ini semakin berkembang. Dengan kemajuan teknologi komputer, metode kemometrika telah menjadi alat utama di antara ilmuwan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih cepat dengan waktu pengembangan produk yang lebih pendek. *Principal Component Analysis* (PCA) adalah metode kemometrika yang paling sering digunakan untuk mengolah data multivariat dengan sampel yang tidak diketahui atau suatu metode analisis peubah ganda yang bertujuan menyederhanakan peubah yang diamati dengan cara menyusutkan (mereduksi) dimensinya.

Kemometrik adalah metode analisis data kimia yang mengkombinasikan metode kimia dan statistika (Miller, 2010) dengan tujuan untuk mengekstraksi informasi yang tersembunyi dengan suatu perangkat lunak tertentu (Chevallier et al., 2018). Pengaplikasian metode kemometrik sering dikombinasikan dengan analisis multivariat. Analisis multivariat adalah analisis dengan menggunakan banyak variabel untuk mendeskripsikan sistem yang memiliki hubungan tersembunyi antara data yang tersedia dengan informasi yang dihasilkan. Menurut (Varmuza K., 2000) analisis multivariat bertujuan untuk:

### 1. Interpretasi data

Tujuan dari interpretasi data adalah menjelaskan keragaman dalam data variabel dengan mencari kelompok objek yang hampir sama (memiliki kesamaan) dan kelompok objek yang tidak memiliki kesamaan (*outlier*). Metode yang sering digunakan untuk menginterpretasi data yaitu PCA.

### 2. Klasifikasi (Kualitatif)

Analisis multivariat dapat digunakan untuk membentuk model klasifikasi untuk menentukan kategori sampel dari data spektrum dengan menggunakan data *training set* dan data *test set*. Data *training set* merupakan data yang sudah diketahui pengkategoriannya, data ini digunakan untuk membentuk suatu model. Data *test set* adalah data diluar data training set yang sudah diketahui pengkategoriannya digunakan untuk memvalidasi atau mengevaluasi model yang sudah dibentuk melalui data *training set*. Metode klasifikasi yang sering digunakan yaitu *Linear Discriminant Analyze* (LDA), *Support Vector Machine* (SVM), *Soft Independent Modelling of Class Analyze* (SIMCA), *Cluster Analyze* (CA), *K-Nearest-Neighbor-Classification* (KNN), *Artificial Neural Network* (ANN).

### 3. Kalibrasi (Kuantitatif)

Kalibrasi adalah metode analisis multivariate kemometrik yang bertujuan untuk mengembangkan model matematis yang menjelaskan korelasi antar variabel

predictor dan satu atau lebih variabel efek. Metode yang umum digunakan dalam kalibrasi yaitu *Principal Component Regression* (PCR) dan *Partial Least Square* (PLS).

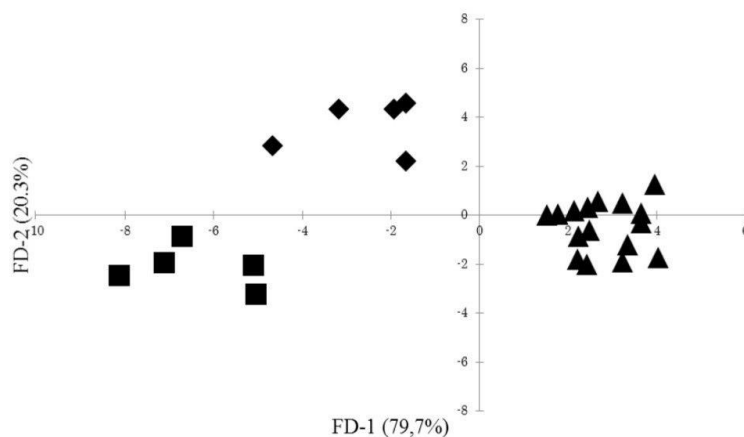
### **2.3.1 *Principal Component Analysis* (PCA)**

*Principal component analysis* (PCA) atau Analisis Komponen Utama adalah suatu teknik untuk mengubah dari sebagian besar variabel asli yang digunakan yang saling berkorelasi satu dengan yang lainnya menjadi satu set variabel baru yang lebih kecil dan saling bebas. Jadi PCA berguna untuk mereduksi data, sehingga lebih mudah untuk menginterpretasikan data-data tersebut (Johnson dan Wichern, 2007). PCA sering disebut juga sebagai variabel tersembunyi (*latent variables*) karena kemampuannya sebagai teknik untuk melakukan pengelompokan (Rohman dkk., 2021).

PCA biasanya digunakan sebagai:

1. Identifikasi variabel baru yang mendasari data variabel ganda.
2. Mengurangi banyaknya dimensi himpunan variabel yang biasanya terdiri atas variabel yang banyak dan saling berkorelasi dengan mempertahankan sebanyak mungkin keragaman dalam himpunan data tersebut.
3. Menghilangkan variabel-variabel asal yang mempunyai sumbangan informasi yang relatif kecil variabel baru yang dimaksud di atas disebut komponen utama yang mempunyai ciri yaitu:
  - a. Merupakan kombinasi linier variabel-variabel asal.
  - b. Jumlah kuadrat koefisien dalam kombinasi linier tersebut bernilai satu.
  - c. Tidak berkorelasi, dan mempunyai ragam berurut dari yang terbesar ke yang terkecil (Delsen, dkk., 2017).

Pada penelitian Purwakusumah dkk. (2014) menggunakan PCA untuk mengkarakterisasi senyawa jahe menghasilkan plot PCA pada panjang gelombang 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5.



(▲) jahe merah, (◆) jahe emprit, (■) jahe gajah

**Gambar 5.** Plot FD jahe merah, jahe emprit, dan jahe gajah

Berdasarkan hasil *plotting* semua sampel terpisah ke dalam grupnya masing-masing yang menandakan fungsi diskriminan yang diperoleh mampu membedakan ketiga jenis jahe tersebut (Purwakusumah dkk., 2014).

### 2.3.2 Partial Least Square (PLS)

Metode *Partial Least Square* (PLS) merupakan suatu pendekatan model yang fleksibel, dirancang khusus untuk mengungkap struktur kompleks dan keragaman dalam data. PLS dapat dianggap sebagai bentuk yang terkait erat dengan Prinsip *Component Regression* (PCR). Dalam PLS, model yang dihasilkan dioptimalkan untuk menjelaskan hubungan yang kompleks antara dua kelompok variabel. Proses ini melibatkan pendugaan hubungan antara variabel dependen ( $y$ ) dan variabel independen ( $x$ ), serta estimasi nilai spesifik dari variabel dependen menggunakan algoritma tertentu. Proses penentuan model PLS dilakukan secara iteratif, memperhitungkan keragaman yang ada pada kedua kelompok variabel, yaitu variabel  $x$  dan  $y$ . Struktur keragaman dalam variabel dependen ( $y$ ) memengaruhi perhitungan kombinasi linear dari variabel independen ( $x$ ), dan sebaliknya, struktur keragaman dalam variabel independen ( $x$ ) juga



mempengaruhi kombinasi linear dari variabel dependen ( $y$ ). Dengan demikian, PLS memungkinkan pemodelan yang cermat terhadap relasi yang kompleks dan saling mempengaruhi antara variabel-variabel yang diamati (Bilfarsah, 2005).

PLS mempunyai kelebihan antara lain, pembentukan komponen regresi PLS yang dapat menggambarkan korelasi antara variabel  $x$  dan variabel  $y$  dengan setiap fungsi linier yang memungkinkan dari variabel  $x$ . Analisis menggunakan spektrofotometri FTIR dengan metode PLS sering digunakan untuk mengekstrak informasi dari spektra yang kompleks dengan puncak-puncak yang tumpang tindih dengan adanya impurities, dan adanya *noise* dari instrumen spektrofotometri FTIR. Bila terdapat jumlah prediktor  $x$  jauh lebih besar dibandingkan dengan jumlah pengamatan  $y$ , maka pendekatan ini akan sulit dilakukan karena adanya multikolinieritas pada data (Miler dan Miler, 2010). PLS dapat diaplikasikan pada seluruh daerah inframerah yang spesifik. Pemilihan frekuensi spesifik berdasarkan pada nilai koefisien determinasi kalibrasi yang paling tinggi ( $R^2$ ) dan nilai *Root Mean Square Error of Calibration* (RMSEC) terendah (Rohman dan Che man, 2011).

Pada pengujian Partial Least Squares (PLS), terdapat dua metode yang dapat digunakan. Metode pertama adalah metode *leave one out*, di mana satu sampel kalibrasi dikeluarkan dari model PLS dan sisa sampelnya digunakan untuk memprediksi tingkat suatu sampel yang telah dikeluarkan tersebut. Kesalahan prediksi dihitung dengan membandingkan nilai prediksi dengan nilai aktual. Proses ini dapat diulangi hingga semua sampel kalibrasi telah dikeluarkan satu persatu. Sedangkan, metode kedua melibatkan penggunaan sampel prediksi, sampel validasi, atau yang dikenal sebagai sampel independen. Dalam metode ini, sampel-sampel ini digunakan untuk menguji kinerja model PLS secara terpisah, memungkinkan penilaian objektif terhadap kemampuan prediksi model terhadap data yang tidak digunakan selama proses kalibrasi (Nurulhidayah *et al.*, 2011).

## 2.4 Maserasi

Maserasi merupakan teknik ekstraksi yang paling umum, mudah dilakukan dan cocok untuk skala kecil dan industri. Metode ini dilakukan dengan cara merendam serbuk tanaman dalam pelarut yang sesuai di wadah kedap udara pada suhu kamar. Proses ekstraksi dihentikan saat konsentrasi senyawa dalam pelarut mencapai keseimbangan dengan konsentrasi dalam sel tanaman. Setelah ekstraksi, pelarut dipisahkan dari sampel dengan penyaringan. Keuntungan metode maserasi yaitu cara pengerjaan yang mudah, peralatan yang digunakan sederhana, dan dapat menghindari rusaknya senyawa yang bersifat termolabil (Mukhriani, 2014). Lama ekstraksi merupakan faktor yang berpengaruh terhadap ekstrak yang akan dihasilkan pada proses maserasi. Waktu maserasi yang terlalu singkat akan mengakibatkan tidak semua senyawa larut dalam pelarut yang digunakan dan apabila waktu ekstraksi terlalu lama tidak akan mengakibatkan peningkatan berat zat aktif terekstrak karena jumlah pelarut dalam zat terlarut telah jenuh.

Maserasi merupakan jenis ekstraksi sederhana karena pengerjaan hanya dilakukan dengan cara merendam bahan simplisia dalam pelarut. Cairan pelarut akan menembus dinding sel dan masuk ke dalam rongga sel yang mengandung zat aktif. Zat aktif akan larut dan adanya perbedaan konsentrasi antara larutan zat aktif di dalam sel dengan yang diluar sel, maka zat aktif (zat terlarut) ditarik keluar. Peristiwa tersebut terjadi secara berulang kali hingga terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan diluar dan di dalam sel. Metode maserasi digunakan untuk sampel simplisia yang mengandung zat aktif yang mudah larut dalam cairan pelarut yang digunakan, tidak mengandung zat aktif yang mudah larut dalam pelarut, dan tidak mengandung zat yang mudah mengembang dalam cairan pelarut. Dalam metode maserasi, waktu ekstraksi yang tepat sangat penting karena dapat memengaruhi hasil akhir ekstrak. Proses ekstraksi yang terlalu singkat mungkin tidak mencapai ekstraksi maksimal, sementara ekstraksi yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan kualitas ekstrak karena peningkatan jumlah pelarut yang jenuh dengan senyawa aktif. Oleh karena itu, pengaturan waktu

ekstraksi dengan cermat menjadi kunci untuk memperoleh ekstrak yang optimal dalam proses maserasi (Najib, 2018).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2023-April 2024 di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT LTSIT), Universitas Lampung.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah oven, gelas beaker, ayakan, mortar, stamper, neraca analitik, perangkat Spektrofotometer FTIR, dan perangkat lunak minitab 19.

Bahan- bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah etanol 96%, jahe merah, jahe emprit, dan jahe gajah, serta 5 sampel minuman kemasan yang mengandung jahe merah.

#### **3.3 Prosedur Penelitian**

##### **3.3.1 Preparasi Sampel Murni**

Proses preparasi sampel diawali dengan sampling rimpang jahe merah, jahe emprit, serta jahe gajah yang ada di pasar tradisional Kota Bandar Lampung. Selanjutnya, rimpang jahe merah, jahe emprit, dan jahe gajah di cuci bersih

kemudian dipotong kecil lalu dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah rimpang jahe kering, dihaluskan kembali menggunakan blender hingga ukuran jahe menjadi partikel yang lebih kecil. Setelah itu diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut ethanol 96% sekitar 300mL selama 24 jam dan dilakukan 3 kali pengulangan. Hasil dari maserasi kemudian dihilangkan pelarutnya dengan *rotary evaporator* dengan suhu 60°C sehingga diperoleh cairan yang kental dan terdapat endapan. Kemudian endapan yang dihasilkan di uji menggunakan instrument FTIR. Hasil dari uji ini di analisis menggunakan minitab dan diperoleh hasil sebagai data kualitatif PCA.

### **3.3.2 Pembuatan Set Kalibrasi dan Set Validasi**

Pembuatan set kalibrasi dan set validasi dilakukan dengan menambahkan ekstrak jahe gajah dan serbuk jahe emprit ke dalam ekstrak jahe merah murni dalam jumlah tertentu. Setiap sampel simulasi dibuat sebanyak 5 mL. Selanjutnya, sampel jahe dibagi menjadi dua kelompok.

#### **a. Set Kalibrasi**

Set kalibrasi terdiri dari objek/sampel yang diketahui pengkategorianannya dan digunakan untuk membentuk model klasifikasi kemometrika (Berrueta dkk., 2007). Set kalibrasi dibuat dengan berbagai konsentrasi bahan tambahan mulai dari 10% hingga 90%. Campuran berbeda dari jahe merah dengan jahe gajah, jahe merah dengan jahe emprit, dan jahe gajah dengan jahe emprit dipersiapkan sebagai set kalibrasi. Kemudian campuran set kalibrasi di uji menggunakan instrument FTIR. Komposisi jahe yang digunakan untuk set kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Konsentrasi jahe merah dan jahe emprit atau jahe gajah untuk set kalibrasi

Ekstrak jahe merah (mL)	Ekstrak jahe gajah/emprit (mL)	Konsentrasi (%)	Kategori
0	5	0%	Murni
1	4	20%	Campuran
2	3	40%	Campuran
3	2	60%	Campuran
4	1	80%	Campuran
5	0	100%	Murni

#### b. Set Validasi

Set validasi juga terdiri dari objek/ sampel yang diketahui pengkategorianannya namun digunakan untuk mengevaluasi reliabilitas model yang telah dibentuk oleh set validasi (Berrueta dkk., 2007). Campuran dari jahe merah dengan jahe gajah, jahe merah dengan jahe emprit, dan jahe gajah dengan jahe emprit masing-masing dengan konsentrasi 0-100%. Kemudian campuran set validasi di uji menggunakan instrument FTIR. Komposisi jahe yang digunakan untuk set validasi dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Konsentrasi jahe merah dan jahe emprit atau jahe gajah untuk set validasi.

Ekstrak jahe merah (mL)	Ekstrak jahe gajah/emprit (mL)	Konsentrasi (%)	Kategori
0	5	0%	Murni
1	4	10%	Campuran
2	3	30%	Campuran
2,5	2,5	50%	Campuran
4	1	70%	Campuran
3	2	90%	Campuran
5	0	100%	Murni

### 3.3.3 Preparasi Sampel yang Beredar di Pasar

Sebelum melakukan sampling, terlebih dahulu dilakukan survei dan pendataan merek minuman kemasan yang mengandung jahe merah yang diambil secara acak

dari berbagai pasar di sekitar Kota Bandar Lampung dengan merek yang beranekaragam dan harga yang variatif. Tujuan dari prosedur ini yaitu untuk mengaplikasikan model kemometrika yang telah dibentuk oleh jahe merah, jahe gajah, dan jahe emprit standar set kalibrasi dan set validasi. Selanjutnya, 5 sampel merek minuman kemasan yang mengandung jahe merah di pasaran diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% sekitar 300mL selama 24 jam dan dilakukan 3 kali pengulangan. Kemudian diuji menggunakan spektrofotometri FTIR untuk mendapatkan spektrumnya lalu akan diolah data menggunakan metode *Partial Least Square* (PLS) menggunakan *software* Minitab 19.

### 3.3.4 Analisis Data Kemometrik

Data absorbansi hasil spektrum FTIR selanjutnya diolah menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS) dengan menggunakan *software* Minitab 19.

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

1. Dibuka *Worksheet* Minitab kemudian masukkan data.
2. Untuk analisis PCA, diklik : **Start** → **Multivariate** → **Principal Components**.
3. Kemudian 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 Labels: Use labels from column**
7. Diklik **OK** maka akan menampilkan hasil output (Rohman et al., 2021).

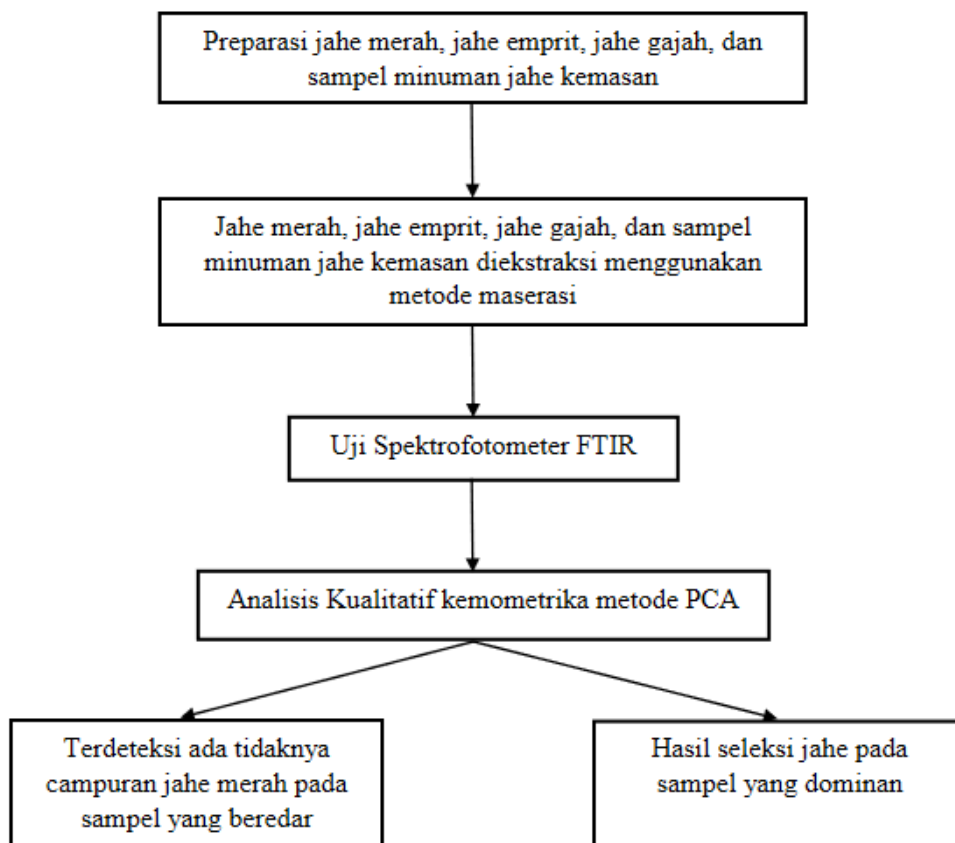


Analisis menggunakan PLS dilakukan dengan *software* Minitab 19 dengan cara sebagai berikut:

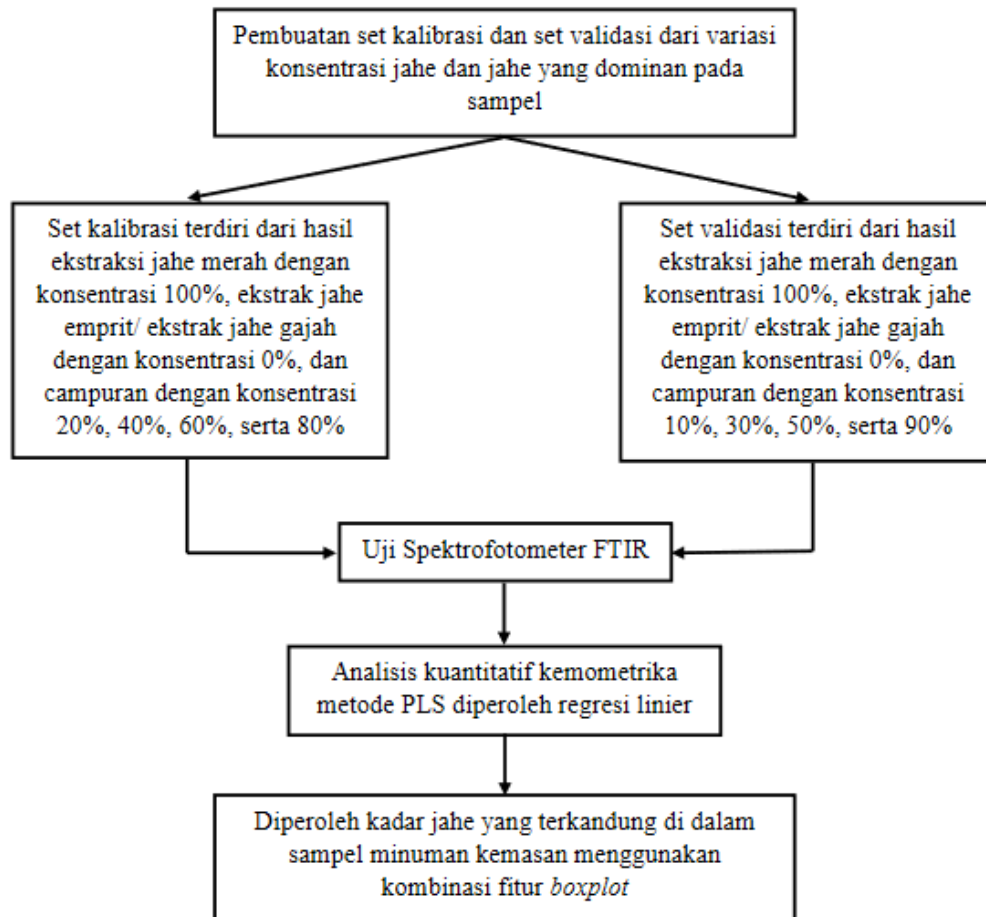
1. Dibuka jendela Minitab.
2. Data dimasukkan dalam *Worksheet* Minitab.
3. Diklik *Start* → *regression* → *partial least square*.
4. Untuk respons diisi dengan C1, sedangkan untuk model diisi dengan A1-16.
5. Selanjutnya untuk melakukan validasi leave one out, diklik *Options* → pilih *leave one out* → klik **Ok**, maka diperoleh output data (Rohman et al., 2021).

Bagan alir dari percobaan ini dapat dilihat pada gambar berikut:

1. Tahap analisis kualitatif



## 2. Tahap analisis kuantitatif



## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil identifikasi kemurnian minuman jahe merah bubuk kemasan yang beredar di pasar Kota Bandar Lampung menggunakan metode PCA berdasarkan spektrofotometri FTIR diperoleh hasil sampel B cenderung mengelompok pada jahe merah, sedangkan sampel A, C, D dan E mengelompok pada jahe gajah, sehingga hasil identifikasi ini hanya satu sampel yang sesuai dengan label kemasan.
2. Hasil pengukuran kadar jahe merah yang terkandung dalam sampel minuman jahe merah kemasan di pasar Kota Bandar Lampung menggunakan metode PLS berdasarkan data spektrofotometri FTIR dengan bantuan *graph* boxplot diperoleh hanya sampel B yang memiliki kadar kemurnian sebesar 97,69%, sedangkan untuk sampel A, C, D, dan E memiliki kadar kemurnian dibawah 20%.
3. Hasil pemodelan set kalibrasi dan set validasi menggunakan metode PLS menghasilkan nilai  $R^2$  set kalibrasi sebesar 0,999973 dengan nilai RMSEC sebesar 0,1888%, sedangkan hasil pemodelan set validasi menunjukkan nilai  $R^2$  sebesar 0,999813 dan RMSECV sebesar 1,684%. Berdasarkan nilai  $R^2$ , RMSEC, dan RMSECV metode ini memiliki validitas yang tinggi karena nilai  $R^2$  yang mendekati 1 serta nilai RMSEC, dan RMSECV dibawah 5%.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat saran untuk penelitian selanjutnya yaitu diperlukan pengulangan pengujian untuk standar, set kalibrasi, dan set validasi agar memperoleh data yang lebih representatif, sehingga analisis menghasilkan hasil yang lebih akurat. Selain itu, gunakan *software* statistik lain seperti *Unscrambler* untuk memperoleh perbandingan hasil yang lebih baik dan banyak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Purwanto, Y. A., dan Budiastira, I. W. 2015. Prediksi Kandungan Kimia Mangga Arumanis selama Penyimpanan dengan Spektroskopi NIR Arumanis Mango Chemical Contents Prediction during Storage using. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*. 3(1): 57–63.
- Amponsah, I.K., Abena, B., Emmanuel, O., Francis, A., Lawrence, S.B., Silas, A., Afkorma, D., Kennedy, A.B., and Benjamin, K.H. 2022. Assessment of some quality parameters and chemometric-assisted FTIR spectral analysis of commercial powdered ginger products on the Ghanaian market. *Journal Heliyon*: 1-9.
- Arthanawa, I Gusti Nyoman., Yohanes Parlindungan Situmeang., dan I Gusti Bagus Udayana. 2023. *Pupuk Organik dan Aplikasinya Pada Tanaman Jahe Merah*. Scopindo Media Pustaka. Surabaya.
- Aryanta, I Wayan Redi. 2019. Manfaat Jahe Untuk Kesehatan. *Jurnal Widya Kesehatan*. 1(2): 39-43.
- Baihaqi., Syahirman, H., Nuraida., Mandasari., Mahfuzah. 2022. Pengaruh Konsentrasi Pelarut dan Waktu Maserasi terhadap Hasil Ekstraksi Oleoresin Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*). *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*. 4(2): 48-52.
- Berrueta, L. A., Alonso-Salces, R. M., and Héberger, K. (2007). Supervised Pattern Recognition in Food Analysis. *Journal of Chromatography*. 11(58): 196–214.
- Bunaciu, A.A., Aboul-Enein, H.Y. dan Fleschin, S. 2011. Recent applications of fourier transform infrared spectrophotometry in herbal medicines analysis. *Applied Spectroscopy Journal*. 46: 251-260.
- Che, B. Y., Rohman, A., dan Mansor, T. S. 2011. Differentiation of Lard from Other Edible Fats and Oils by Means of Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Journal of the American Oil Chemists*. 88(2):187-192.

- Chevallier, A., dan Małgorzata, J. 2018. Application of chemometric methods in analysis of environmental data Zastosowanie method chemometryc. 6: 84–93.
- Darsyah, M. Y. 2014. Penggunaan Stem and Leaf dan Boxplot untuk Analisis Data. *Jurnal Pendidikan Matematika*. 1(1):55–67.
- Delsen, M.S. Noya., A.Z. Wattimena., dan S.D. Saputri. 2017. Penggunaan Metode Analisis Komponen Utama Untuk Mereduksi Faktor-Faktor Inflasi Di Kota Ambon. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*. 11(2): 109-118.
- Firmansyah, D., dan Dede. 2022. Teknik Pengambilan Sampel Umum dalam Metodologi Penelitian: Literature Review. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik (JIPH)*. 1(2):85–114.
- Gad, H.A., El-Ahmady, S.H., Abou-Shoer, M.I. dan Al Azizi, M.M. 2012. Application of chemometrics in authentication of herbal medicines. *Phytochemical Analysis Journal*. 24: 1-24.
- Ibrahim H, Awang K, Ali NAM, Malek SNA, Jantan, Syamsir DR. 2008. *Selected Malaysian aromatic plants and their essential oil components*. University of Malaya. Malaysia.
- Johnson dan Wichern. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Edisi keenam. Englewood Cliffs.
- Koswara, Sutrisno., dan Astrid Diniari. 2015. Peningkatan Mutu dan Cara Produksi pada industry Minuman Jahe Merah Instan di Desa Benteng, Ciampea, Bogor. *Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*. 1(2): 149-161.
- 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).
- Lukman, H., Wulandari, L., dan Retnaningtyas, Y. 2016. Penentuan Kadar Flavonoid pada Ekstrak Daun Tanaman Menggunakan Metode NIR dan Kemometrik. *Pustaka Kesehatan*. 4(1): 8–13.
- Margaretta, S., Handayani, N. Indraswati dan H. Hindraso. 2011. Estraksi senyawa *phenolics Pandanus amaryllifolius Roxb* sebagai antioksidan alami. *Widya Teknik*. 10(1):21-30.
- Miller, J. N., and Miller, J. C. 2010. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. In *Catalysis in Industry (Sixth edit. Vol. 5. Issue 3)*. Pearson Education Limited.

- Mukhriani. 2014. Ekstraksi, pemisahan senyawa, dan identifikasi senyawa aktif. *Jurnal Kesehatan*. 7(2):361-367.
- Nada, F., Yudi, S., dan Asri, W. 2022. Kajian pengaruh konsentrasi etanol terhadap karakteristik oleoresin ampas jahe merah (*Zingiber officianale* Roscoe) limbah penyulingan. *Teknotan*. 16(3): 169-175.
- Najib, A. 2018. *Ekstraksi Senyawa Bahan Alam*. Deepublish. Yogyakarta.
- Novitasari, A.E. dan D.Z. Putri. 2016. Isolasi dan identifikasi saponin pada ekstrak daun mahkota dewa dengan ekstraksi maserasi. *Jurnal Sains*. 6(12):10-14.
- Pratiwi, D. E., dan Harjoko, A. 2013. *Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis)*. FMIPA UM. Yogyakarta.
- Pratiwi, E. 2010. Perbandingan Metode Maserasi, Remaserasi, Perkolasi Dan Reperkolasi Dalam Ekstraksi Senyawa Aktif Andrographolide Dari Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata* Nee). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Purwakusumah, E. D., Rafi, M., Syafitri, U. D., Nurcholis.W., dan Adzkiya, M. A. A. 2014. Identifikasi dan Autentifikasi Jahe Merah Menggunakan Kombinasi Spektroskopi FTIR dan Kemometrik. *Jurnal Agritech*. 34(1): 82-87.
- Putri, Maria. 2019. *Khasiat dan Manfaat Jahe Merah*. Alpirin. Semarang.
- Rafi, M., Anggurdi, W. C., dan Irawadi, T. 2016. Potensi Spektroskopi FTIR-ATR dan Kemometrika untuk Membedakan Rambut Babi, Kambing, dan Sapi. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 5(3):32-237.
- Rohman, A., Irnawati & Riswanto, F.D.O. 2021. *Kemometrika*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Rosyidi, N. N., dan Khamidina. 2020. Analisis Lemak Bakso Tikus dalam Bakso Sapi di Sleman Menggunakan Spektroskopi Inframerah (Fourier Transform Infrared). *Indonesian Journal of Halal Science (IJHS)*. 001(01): 12–23.
- Rukmana, R. 2000. *Usaha Tani Jahe*. PT. Kanisius. Yogyakarta.
- Santoso, H.B. 2008. *Ragam dan Khasiat Tanaman Obat*. Agromedia Pustaka. Yogyakarta.
- Sabulal B, dan M, John AJ, Kurup R, Pradeep NS, Valsamma K. 2006. Caryophyllene-rich rhizome of *Zingiber nimmoni* from South India: Chemical characterization and antimicrobial activity. *Phytochemistry*. 67 (22):2469-2473.

- Sari, Dewi dan Anas Nasuha. 2021. Kandungan Zat Gizi, Fitokimia, dan Aktivitas Farmakologis pada Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) *Journal of Biological Science*. 1(2):11-18.
- Styawan, A.A., Ratna, A.S., Purwanto., Irnawati., and Abdul, R. 2023. The use of pattern recognition for classification of Indonesian ginger (*Zingiber officinale* var. *amarum*) based on antioxidant activities and FTIR spectra. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 13(04): 149-156.
- Suharto, M.A.P., H.J. Edy dan J.M. Dumanauw. 2016. Isolasi Dan Identifikasi Senyawa Saponin Dari Ekstrak Metanol Batang Pisang Ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum* L.). *Jurnal Sains*. 3(1):86-92.
- Sulistiyani, M dan Huda, N., 2018. Perbandingan Metode Transmisi dan Reflektansi pada Pengukuran Polistirena Menggunakan Instrumentasi Spektroskopi *Fourier Transform Infrared*. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(2):195-198.
- Sun, S., Chen, J., Zhou, Q., Lu, G. dan Chan, K. 2010. Application of mid-infrared spectroscopy in the quality control of traditional Chinese medicines. *Planta Medica*. 76: 1987-1996.
- Varmuza K. 2000. Applied chemometrics: from chemical data to relevant information. *1st Convergence on Chemistry*: 1–17.
- 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.
- Yudhapratama, E. 2010. *Penentuan Keberadaan Zat Aditif pada Plastik*. UPI. Bandung.
- Zou, H.B., Yang, G.S., Qin, Z.R., Jiang, W.Q., Du, A.Q. dan Aboul-Enein, H.Y. 2005. Progress in quality control of herbal medicine with IR fingerprint spectra. *Analytical*. 38: 1457-1475.