

**UJI AUTENTIKASI PRODUK KOPI YANG BEREDAR DI PASARAN KOTA
BANDAR LAMPUNG MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER*
TRANSFORM INFRARED (FTIR) DAN KEMOMETRIKA**

(Skripsi)

Oleh

**SAFITRI HAUROTUL JAMALAT
2017011012**



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

ABSTRAK

UJI AUTENTIKASI PRODUK KOPI YANG BEREDAR DI PASARAN KOTA BANDAR LAMPUNG MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER TRANSFORM INFRARED* (FTIR) DAN KEMOMETRIKA

Oleh

Safitri Hauratul Jamalat

Pemalsuan bahan pangan di Indonesia semakin banyak dilakukan terutama pada komoditas kopi. Kegiatan pemalsuan ini memberikan dampak buruk bagi konsumen. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis kemurnian kopi di pasaran Kota Bandar Lampung dan mengevaluasi validitas metode spektrofotometri FTIR dan kemometrika. Metode penelitian meliputi preparasi standar, sampling kopi yang beredar di pasaran 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. Sampel diambil dari beberapa penjual di Kota Bandar Lampung sebanyak lima sampel. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa sampel A, B, dan C cenderung mengelompok dan mendekati pada standar kopi robusta, sedangkan sampel D dan E sedikit menjauh dari standar kopi robusta dan sedikit berada di plot standar tepung jagung. Pemodelan PLS pada set kalibrasi menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,999981 dengan nilai RMSEC sebesar 0,1357%, sedangkan pada set kalibrasi menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,999926 dengan nilai RMSEP sebesar 0,66%. 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 kopi robusta yang terkandung dalam sampel kopi di pasaran Bandar Lampung berkisar 71,662%-98,243%.

Kata kunci: Kopi, Spektrofotometri FTIR, PCA, PLS, dan Kemometrika.

ABSTRACT

AUTHENTICATION TEST OF COFFEE PRODUCTS ON THE MARKET IN BANDAR LAMPUNG CITY USING FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR) SPECTROPHOTOMETRY AND CHEMOMETRICS

By

Safitri Hauratul Jamalat

Food adulteration in Indonesia is increasingly practiced, especially in coffee commodities. This counterfeiting activity has a negative impact on consumers. Therefore, this study was conducted to analyze the purity of coffee in the Bandar Lampung City market and evaluate the validity of the FTIR spectrophotometric and chemometric methods. The research methods include standard preparation, sampling coffee from the Bandar Lampung City market, preparing calibration and validation sets, analyzing using FTIR instruments, and processing FTIR result data with PCA and PLS methods using Minitab software. Five samples were taken from several sellers in Bandar Lampung City. The PCA analysis results showed that samples A, B, and C tended to cluster and be closer to the robusta coffee standard, while samples D and E were slightly away from the robusta coffee standard and closer to the corn starch standard plot. PLS modeling on the calibration set resulted in an R^2 value of 0,999981 with an RMSEC value of 0,1357%, while the validation set resulted in an R^2 value of 0,999926 with an RMSEP value of 0,66%. This indicates that the model is good due to the low error rate. The prediction results using the PLS model combined with boxplots show that the robusta coffee content in coffee samples in the Bandar Lampung market ranges from 71,662%-98,243%.

Keywords: Coffee, FTIR Spectrophotometry, PCA, PLS, and Chemometrics.

**UJI AUTENTIKASI PRODUK KOPI YANG BEREDAR DI PASARAN KOTA
BANDAR LAMPUNG MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER
TRANSFORM INFRARED (FTIR)* DAN KEMOMETRIKA**

Oleh

SAFITRI HAUROTUL JAMALAT

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 : **UJI AUTENTIKASI PRODUK KOPI
YANG BEREDAR DI PASARAN KOTA
BANDAR LAMPUNG MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETRI *FOURIER
TRANSFORM INFRARED (FTIR) DAN
KEMOMETRIKA***

Nama : *Safitri Hauratul Jamalat*

NPM : 2017011012

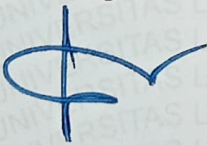
Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

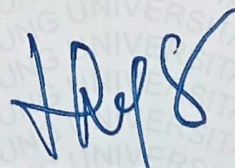
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



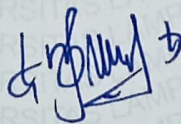
Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.
NIP. 197110301997031003

Pembimbing II



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

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA



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

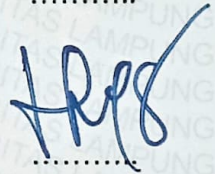
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



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



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dian Septiani Pratama, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 18 Juli 2024

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Safitri Hauratul Jamalat
NPM : 2017011012
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya berjudul **“Uji Autentikasi Produk Kopi yang Beredar di Pasaran Kota Bandar Lampung 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, 23 Juli 2024
Yang Menyatakan,



Safitri Hauratul Jamalat
NPM. 2017011012

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Safitri Hauratul Jamalath, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 8 Juni 2002. Penulis merupakan putri kedua dari pasangan Bapak Subarjo dan Ibu Sumiyati. Saat ini penulis bertempat tinggal di Panjang Utara, Kota Bandar Lampung. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Panjang Utara pada tahun 2014. Kemudian, melanjutkan pendidikan ke SMP Utama 3 Bandar Lampung hingga tahun 2017. Penulis menamatkan pendidikan menengah atasnya di SMA Negeri 2 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 Bidang Sosial dan Masyarakat pada tahun 2021 dan 2022. Selain itu, penulis juga aktif dalam mengikuti volunteer yang diadakan oleh Ikatan Himpunan Mahasiswa Kimia Indonesia (IKAHIMKI). Selain mengikuti kegiatan organisasi, penulis juga aktif mengikuti kegiatan BKP Magang Industri Program Kompetisi Kampus Merdeka (PKKM) di PT *Indo Energy Solutions* Bandar Lampung pada tahun 2022 dengan melaksanakan *project* yang berjudul “Pemanfaatan dan Pengaplikasian Air Limbah Proses Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) menjadi Pupuk Organik Cair dengan Penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*)” dan mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) penelitian pada tahun 2023. Pada tahun 2023 penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan di PT *Indo Energy Solutions* Bandar Lampung sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu di dunia kerja dan penulis juga

melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Jatimulyo, Kecamatan Jatiagung, Kabupaten Lampung Selatan sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat.

Penulis menyelesaikan penelitian yang dilakukan di Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu dan SentraInovasi Teknologi Universitas Lampung dengan judul "Uji Autentikasi Produk Kopi yang Beredar di Pasaran Kota Bandar Lampung menggunakan Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan Kemometrika".

MOTTO

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”

(QS. Ghafir : 44)

“Sesungguhnya ketetapan-Nya, jika Dia menghendaki sesuatu, Dia hanya berkata kepadanya, “Jadilah!” Maka, jadilah (sesuatu) itu”

(QS. Yasin : 82)

“Hanya dengan mengingat Allah hati menjadi tentram”

(QS. Ar-Rad : 28)

“Jangan terlalu dikejar, jika memang jalannya Allah akan memperlancar, karena yang menjadi takdirmu akan mencari jalan untuk menemukanmu”

(Ali Bin abi Thalib)

“Berbicara yang baik-baik, berbuat yang baik-baik, berfikir yang baik-baik, berdoa yang baik-baik, nanti pasti Allah hadiahkan yang terbaik”

“Berpikir tentang masa depan dan berusaha keras memang penting. Tetapi menghargain diri sendiri dan memastikan dirimu terus bahagia adalah hal yang sangat penting”

(Kim Seokjin)

PERSEMBAHAN

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

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

Kakak Affifah Febriani, Adik Ahmad Ilham Ahda Sabil, Zahra Farhatuddaaroini, dan Hana Mufidah Salsabila yang telah mendukung dan mendoakan dalam segala hal. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan, keberhasilan, dan kebahagiaan kepada keluarga ini.

Pembimbing penelitianku, Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc. dan Bapak Dr. Irwan Saputra, S.Si., M.Si., dan Penguji penelitianku Ibu Dian Septiani Pratama, S.Si., M.Si. 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 memberikan dukungan moral dan spiritual. Terima kasih atas segala doa dan motivasinya.

Serta,

Almamaterku tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmad dan hidayah-Nya dan tidak lupa iringan shalawat senantiasa kita sanjung agungkan kepada junjungan dan baginda besar kita Nabi Muhammad SAW yang senantiasa diharapkan syafaatnya hingga hari akhir kelak, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Autentikasi Produk Kopi yang Beredar di Pasaran Kota Bandar Lampung 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 teriring do'a yang tulus, penulid mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT, atas nikmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak dan Mama yang sangat berjasa karena selalu mendukung, mendo'akan, memotivasi, menjadi tempat berkeluh kesah, dan selalu berusaha memberikan yang terbaik kepada penulis. Ucapan terima kasih tidak akan cukup mewakili rasa syukur penulis karena terlahir dan tumbuh sebagai putri yang selalu dididik untuk menjadi lebih baik setiap waktunya. Semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan, kesehatan, rezeki, kebahagiaan dunia akhirat, dan umur yang panjang sehingga dapat selalu bersama dalam suka maupun duka yang akan datang.

3. Kakak penulis yang selalu mendukung, mendo'akan, memotivasi, dan menjadi tempat berkeluh kesah. Terima kasih untuk selalu memberikan nasihat-nasihat terbaik dari setiap permasalahan yang dihadapi penulis. Semoga selalu dalam lindungan Allah SWT dan hal-hal baik selalu menyertaimu. Adik-adik penulis yang selalu menghibur dan menjadi penyemangat selama ini. Semoga selalu berbakti kepada orang tua dan sukses untuk dunia dan akhirat.
4. Kakek, Nenek, Om, dan Tante penulis yang selalu mendukung, mendo'akan, dan memotivasi. Terima kasih selalu mendoakan hal-hal baik untuk penulis. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, rezeki, kebahagiaan dunia akhirat, dan umur yang panjang.
5. Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama terima kasih atas segala kebaikan, ilmu, bimbingan, motivasi, kritik dan saran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan dan keberkahan atas semua kebaikan yang telah bapak berikan.
6. Bapak Dr. Irwan Saputra, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua terima kasih atas segala ilmu, bimbingan, saran dan kritik sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT selalu memberikan rida-Nya dan membalas semua kebaikan Bapak.
7. Ibu Dian Septiani Pratama, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembahas atas kritik, saran, ilmu yang telah diberikan. Terima kasih atas segala kesediaannya untuk memberikan yang terbaik untuk penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga Allah SWT selalu memberikan keberkahan atas semua kebaikan yang telah ibu berikan.
8. Ibu Mita Rilyanti, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing, memberikan arahan, dan dukungan kepada penulis selama menjalani perkuliahan sejak awal masa studi di jurusan kimia. Semoga Allah SWT selalu memberikan keberkahan atas semua kebaikan yang telah ibu berikan.

9. Ibu 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.
10. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu, pengalaman yang sangat berharga dan bermanfaat, serta motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa jurusan kimia.
11. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerja Sama FMIPA Universitas Lampung.
12. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
13. Sahabat-sahabatku, SWSS (Septian, Wina, dan Siti) yang selalu memberikan semangat dan dukungan sejak masa SMP. Sahabat-sahabatku *Heaven's Rope* (Alifia, Febi, Lydia, dan Yovita) yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan semangat, dan dukungan sejak masa SMA. Terima kasih untuk segala do'a dan dukungannya yang tiada henti hingga saat ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan kelancaran dan keberkahan dalam setiap aktivitas yang dilakukan.
14. Sahabat-sahabatku, Laprak (Kameng, Kapoy, Ayukdia, Ences, dan Debuy) atas segala bantuan, dukungan, dan waktu yang telah kita habiskan selama ini. Terima kasih sudah menemani penulis sejak awal perkuliahan hingga saat ini. Semoga pertemanan ini akan terus terjalin hingga nanti dan semoga kalian selalu diberikan kelancaran dan kesuksesan kedepannya.
15. Sahabat-sahabat magang ku, Gorila (Nisa, Oliv, Tasya, dan Tyas,) yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan semangat, dan dukungan sejak awal kenal saat magang. Semoga pertemanan ini akan terus terjalin hingga nanti dan semoga kalian selalu diberikan kelancaran dan kesuksesan kedepannya.
16. Sahabat *longcity* ku Senna Febriyanti yang selalu siap membantu, mendengarkan keluh kesah, dan memberikan semangat. Semoga pertemanan ini akan terus

terjalin hingga nanti dan semoga selalu diberikan kelancaran dan kesuksesan kedepannya.

17. Rekan seperjuangan seperbimbingan Nadia Anindhita, M. Dwi Febriyanto, dan Sylfia Aini yang telah banyak membantu, memberikan dukungan, dan bekerja sama sehingga penelitian dan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga dilancarkan untuk setiap urusan dan sukses selalu.
18. Kakak-kakak *Sonny Research '19*, Kak Raisha, Kak Triana, dan Kak Widya yang telah banyak membantu dan memberi arahan kepada penulis saat melaksanakan penelitian. Semoga selalu diberikan kelancaran dan kesuksesan kedepannya.
19. Teman-teman angkatan 2020 yang tidak dapat disebutkan satu per-satu, terima kasih atas bantuan serta dukungannya. Semoga selalu diberikan kelancaran dan kesuksesan kedepannya.
20. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang telah memberikan dukungan, doa, nasihat, dan bimbingan dalam penulisan laporan ini.
21. Safitri Hauratul Jamalat, ya! diriku sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih karena telah berusaha keras dan tidak menyerah, serta menikmati setiap proses yang bisa dibilang tidak mudah. Ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri dan awal dari kehidupan yang sesungguhnya tetap semangat kamu pasti bisa.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Namun, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Bandar Lampung, 23 Juli 2024
Yang Menyatakan,

Safitri Hauratul Jamalat
NPM. 2017011012

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kopi	5
2.2 Jenis-Jenis Kopi.....	6
2.3 Kandungan dan Manfaat Kopi	8
2.4 Proses Pengolahan Kopi.....	10
2.5 Tepung.....	11
2.5.1 Tepung Jagung.....	12
2.5.2 Tepung Beras	12
2.6 Spektrofotometri <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	14
2.7 Kemometrika	18
2.7.1 <i>Principal Componenet Analysis</i> (PCA).....	19
2.7.2 <i>Partial Least Square</i> (PLS)	21
III. METODE PERCOBAAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	23
3.3.1 Preparasi Standar	26
3.3.2 Pembuatan Set Kalibrasi dan Set Validasi.....	26
3.3.3 Preparasi Sampel yang Beredar di Pasaran	27
3.3.4 Pengukuran Spektrum <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	28

3.3.5 Analisis Kemometrika	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Pengantar	30
4.2 Lokasi Sampling.....	30
4.3 Preparasi Standar	31
4.3.1 Preparasi Standar Kopi Arabika dan Kopi Robusta	31
4.3.2 Preparasi Standar Tepung Beras dan Tepung Jagung.....	32
4.3.3 Preparasi Sampel Kopi Bubuk.....	32
4.4 Hasil Karakterisasi Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR)	32
4.4.1 Standar Kopi Arabika, Kopi Robusta, Tepung Beras, dan Tepung Jagung	32
4.4.2 Sampel Kopi di Pasaran.....	35
4.5 Analisis Kemometrika Metode <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	37
4.6 Hasil Karakterisasi Spektrofotometri <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	41
4.6.1 Set Kalibrasi dan Set Validasi	41
4.6.2 Set Validasi.....	42
4.7 Analisis Kemometrika Metode <i>Partial Least Square</i> (PLS).....	43
4.7.1 Pemodelan Kalibrasi dengan PLS	44
4.7.2 Evaluasi Model Kalibrasi dengan Set Validasi dengan PLS	45
4.7.3 Deteksi Kemurnian Sampel menggunakan Boxplot.....	46
V. KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pembagian Daerah Inframerah.....	14
2. Komposisi Campuran yang Digunakan untuk Set kalibrasi	27
3. Komposisi Campuran yang Digunakan untuk Set Validasi.....	27
4. Puncak Utama Spektrum FTIR Sampel Kopi dan Tepung	33
5. Puncak Utama Spektrum FTIR Sampel	36
6. Nilai Eigen Korelasi dengan Matriks	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanaman Kopi Arabika.....	6
2. Tanaman Kopi Robusta.....	7
3. Struktur Asam Klorogenat	8
4. Struktur Kafein.....	8
5. Struktur Amilosa	13
6. Struktur Amilopektin	13
7. Prinsip Kerja FTIR.....	15
8. Mekanisme Kerja ATR-FTIR	16
9. Spektrum FTIR Representatif dari Kopi Murni, Jagung Roasted, dan Beras Roasted	17
10. Spektrum FTIR Asam Klorogenat dan Kafein.....	18
11. Plot PCA Kopi Komersial terhadap Kopi Murni dan Kopi dengan Pencampur...	20
12. Plot Regresi PLS Tempuyung Model Derivat Segmen 1	22
13. Bagan Alir Penelitian Analisis secara Kualitatif.....	24
14. Bagan Alir Penelitian Analisis secara Kuantitatif.....	25
15. Peta Lokasi Pengambilan Sampel	31
16. Spektrum FTIR Standar Kopi Arabika, Kopi Robusta, Tepung Beras, dan Tepung Jagung	33
17. Spektrum FTIR Sampel di Pasaran	36
18. Scree Plot Standar Kopi Arabika, Kopi Robusta, Tepung Beras, dan Tepung Jagung	39

19. Score Plot PCA Standar Kopi Arabika, Kopi Robusta, Tepung Beras, dan Tepung dengan Sampel Kopi	40
20. Plot 3D PCA Standar Kopi Arabika, Kopi Robusta, Tepung Beras, dan Tepung dengan Sampel Kopi	41
21. Spektrum FTIR Set kalibrasi.....	42
22. Spektrum FTIR Set Validasi	43
23. Model PLS Set Kalibrasi.....	45
24. Model PLS Set Validasi	46
25. Boxplot Kemurnian Sampel A, Sampel B, Sampel C, Sampel D, dan Sampel E.	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Proses Penggilingan Kopi Arabika dan Kopi Robusta	57
2. Proses Pembuatan Tepung Beras dan Tepung Jagung	57
3. Preparasi Standar Kopi Arabika, Kopi Robusta, Tepung Beras, dan Tepung Jagung	59
4. Preparasi Sampel Kopi yang Beredar di Pasaran	59
5. Set Kalibrasi	59
6. Set Validasi	60
7. Spektrum Pisah Hasil Set Kalibrasi	60
8. Spektrum Pisah Hasil Set Validasi.....	62
9. Proses Analisis PCA dengan Software Minitab.....	63
10. Data dan Hasil Analisis PCA dalam Bentuk 3D.....	65
11. Data dan Hasil Set Kalibrasi PLS	67
12. Data dan Hasil Set Validasi PLS.....	69
13. Data dan Hasil Boxplot	70

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara agraris yang kaya akan potensi sumber daya alam, khususnya pada sektor pertanian. Sektor pertanian terdiri dari lima subsektor yaitu tanaman bahan makanan, perkebunan, peternakan, kehutanan, dan perikanan. Subsektor perkebunan merupakan salah satu subsektor yang tumbuh subur karena kebanyakan tanaman perkebunan tumbuh di wilayah dengan iklim tropis seperti di Indonesia. Salah satu hasil perkebunan yang dihasilkan di Indonesia adalah kopi. Menurut Direktorat Jendral Perkebunan, Indonesia merupakan produsen kopi ke-4 di dunia setelah Brazil, Vietnam, dan Kolombia dengan luas areal tanaman kopi diseluruh Indonesia yaitu sekitar 1.262 juta hektare, didominasi oleh perkebunan rakyat dengan rata-rata 98,14% dan perkebunan besar sebesar 1,86%. Perkebunan kopi sebagian besarnya adalah jenis kopi robusta mencapai 79,36% atau mencapai luas rata-rata 968,88 ribu hektare, sementara kopi jenis arabika hanya mencapai luas rata-rata 251,94 ribu hektare atau *share* 20,64% dari total luas areal kopi Indonesia. Penyebarannya yaitu pada pulau Sumatera sebesar 671,4 ribu hektare (60%), pulau Jawa sebesar 14%, pulau Sulawesi sebesar 12%, pulau Nusa Tenggara sebesar 10%, dan pulau Kalimantan sebesar 3%. Pada pulau Sumatera khususnya Provinsi Lampung menjadi produsen kopi terbesar kedua dengan hasil sebesar 117,311 ton/tahun (Direktorat Jendral Perkebunan, 2022).

Tanaman kopi (*Coffea sp.*) menjadi salah satu tanaman perkebunan andalan yang dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap devisa negara (Setyaningsih dkk., 2021). Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan dengan nilai ekonomi yang tinggi dibandingkan dengan tanaman perkebunan lainnya. Kopi menjadi sumber pendapatan bagi lebih dari 1,5 juta petani kopi di Indonesia (Rahardjo, 2012). Selain itu, kopi menjadi salah satu minuman paling populer yang banyak digemari oleh berbagai kalangan. Daya tariknya yang begitu besar sehingga kopi menjadi komoditas nomor dua di dunia yang paling banyak diperdagangkan setelah minyak mentah.

Pemahaman tentang kualitas kopi dapat berbeda mulai dari tingkat produsen hingga konsumen. Pada tingkat eksportir dan importir, kualitas kopi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ukuran biji, jumlah cacat, peraturan, ketersediaan produk, karakteristik, dan harga. Pada tingkat pengolahan kopi bubuk, kualitas kopi ditentukan oleh beberapa aspek seperti kadar air, stabilitas karakteristik, asal daerah, harga, komponen biokimia, dan kualitas cita rasa. Pada tingkat konsumen, pilihan kopi dipengaruhi oleh pertimbangan harga, aroma, selera, pengaruh terhadap kesehatan, serta dampak lingkungan dan sosial (Novita dkk., 2010). Menurut Viani (2002), salah satu faktor penentu kualitas kopi adalah kemurnian. Terutama saat diimpor dari negara produsen, pengawasan terhadap persediaan sulit dilakukan secara efektif, sehingga hanya mengandalkan uji rasa untuk mengindikasikan kualitas produk tersebut. Terdapat jejak karbohidrat pada kopi larut murni, sehingga dibentuk standar analisis ISO dan penerapan undang-undang nasional di Inggris (BSCPIA/BSCMA 1995) dan Prancis (*Syndicat Français des Fabricants de Café Soluble* 1999) yang menetapkan kadar karbohidrat maksimum yang dapat diterima (Viani, 2002).

Pada saat ini, kegiatan pemalsuan bahan pangan di Indonesia semakin banyak dilakukan terutama pada komoditas kopi. Kegiatan pemalsuan ini memberikan dampak buruk bagi konsumen (Yulia dkk., 2017). Secara visual, penambahan bahan

campuran dalam pengolahan kopi sulit untuk dideteksi melalui penilaian tekstur dan warna sehingga praktik kecurangan dalam produksi kopi bubuk menjadi sangat mungkin dilakukan. Sehingga, perlu dilakukan uji autentikasi terhadap tingkat kemurnian kopi guna memastikan kualitas dan kemurnian kopi bubuk. Menurut Triawan dkk. (2022) pemilihan metode analisis untuk identifikasi, diskriminasi, dan autentifikasi keaslian suatu bahan alami saat ini difokuskan pada komponen-komponen kimia yang ada dalam bahan tersebut. Beberapa teknik analisis laboratorium yang dapat digunakan dalam identifikasi, diskriminasi, dan autentifikasi bahan alam diantaranya kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT), kromatografi gas (KG), kromatografi lapis tipis (KLT) maupun teknik spektroskopi (UV-Vis, FTIR, NMR) dikombinasikan dengan teknik kemometrika (Triawan dkk., 2022).

Teknik analisis menggunakan Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menjadi pilihan yang sangat baik di antara teknik-teknik lainnya karena memiliki keunggulan seperti efisiensi dalam penggunaan, kecepatan, dan biaya yang terjangkau (Purwakusumah dkk., 2014). Spektrum FTIR dapat digunakan untuk membedakan antara bahan yang satu dengan yang lainnya, bahkan jika terdapat penambahan bahan lain seperti tepung jagung dan tepung beras dalam kopi bubuk, spektrum FTIR akan mampu membedakan antara kopi murni dan kopi yang telah dicampur dengan bahan tambahan meskipun komposisi kimianya belum diketahui dengan pasti.

Kekompleksan pola spektrum FTIR menyebabkan kesulitan dalam interpretasi dan visualisasi secara langsung, sehingga tidak mudah dilakukan, untuk mempermudah interpretasi tersebut teknik kemometrika seperti analisis multivariat sangat diperlukan (Triawan dkk., 2022). Analisis multivariat merupakan salah satu teknik statistik yang digunakan untuk memahami struktur data dalam dimensi tinggi (suhandy dkk., 2018). Analisis multivariat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Partial Least Square* (PLS). Sehingga pada penelitian ini, dilakukan investigasi potensi penggunaan spektrofotometri FTIR sebagai metode analisis baru untuk kuantifikasi persentase tepung beras dan tepung jagung yang dicampurkan ke dalam kopi bubuk arabika dan robusta. Teknik yang digunakan ini

dapat menganalisis keaslian kopi arabika dan kopi robusta sebagai salah satu spesialti asal Indonesia (Suhandy dan Yulia, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi adanya campuran pada kopi yang beredar di pasaran Kota Bandar Lampung menggunakan instrumen spektrofotometer FTIR dan kemometrika.

1.2 Tujuan Penelitian

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

1. Mengidentifikasi kemurnian kopi yang beredar di pasaran Kota Bandar Lampung menggunakan spektrofotometer FTIR dan kemometrika (PCA).
2. Menentukan kadar kopi robusta menggunakan metode kemometrika (PLS).
3. Mengetahui validitas metode analisis kopi menggunakan spektrofotometer FTIR dan kemometrika PCA dan PLS.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan kopi bubuk murni dan campurannya menggunakan metode spektrofotometer FTIR dan kemometrika.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai adanya campuran pada kopi yang beredar di pasaran Kota Bandar Lampung.
3. Sebagai sumber informasi mengenai penggunaan spektrofotometer FTIR dalam membedakan kopi murni dan campuran dengan metode kemometrika PCA dan PLS.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

Tanaman kopi (*Coffea sp.*) merupakan komoditas ekspor unggulan yang dikembangkan di Indonesia karena mempunyai nilai ekonomis yang relatif tinggi di pasaran dunia. Permintaan kopi Indonesia dari waktu ke waktu terus meningkat karena seperti kopi robusta mempunyai keunggulan kuat serta kopi arabika mempunyai karakteristik cita rasa (*acidity*, aroma, *flavor*) yang unik. Saat ini Indonesia menjadi produsen kopi ke-4 di dunia setelah Brazil, Vietnam, dan Kolombia dengan luas areal tanaman kopi di seluruh Indonesia yaitu sekitar 1.262 juta hektare, didominasi oleh perkebunan rakyat dengan rata-rata 98,14% dan perkebunan besar sebesar 1,86% (Direktorat Jendral Perkebunan, 2022).

Kopi merupakan komoditas perkebunan rakyat yang dibudidayakan sebagai sumber penghasilan dan sumber pendapatan devisa negara. Kopi terdiri dari 40 jenis yang sebagian besar berasal dari Afrika tropis dan sebagian kecil berasal dari Asia tropis dan saat ini kopi telah menyebar ke seluruh daerah tropis di dunia. Kopi di Indonesia umumnya tumbuh baik pada ketinggian 700 meter di atas permukaan laut (Prastowo dkk., 2010). Berikut sistem taksonomi kopi secara lengkap:

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Rubiales
Famili : Rubiaceae
Genus : Coffea
Spesies : *Coffea sp.*

(Rahardjo, 2012).

2.2 Jenis-Jenis Kopi

Macam-macam kopi di bedakan menjadi 2 yaitu:

1. Kopi Arabika



Gambar 1. Tanaman Kopi Arabika (Riyanti dkk., 2020)

Kopi arabika berasal dari Etiopia dan Abessinia, kopi arabika dapat tumbuh pada ketinggian 1000-2000 meter diatas permukaan laut, curah hujan 1.250-2.500 mm/th dengan temperatur 15-25°C, dan berbuah setahun sekali. Ciri-ciri dari tanaman kopi arabika yaitu, tinggi pohon mencapai 3 meter, cabang primernya rata-rata mencapai 123 cm, sedangkan ruas cabangnya pendek. Batangnya tegak, bulat, percabangan monopodial, permukaan batang kasar, warna batangnya kuning keabu-abuan. Kopi arabika memiliki kelemahan yaitu, rentan terhadap penyakit karat daun oleh jamur *Hemilea vastatrix* (HV), oleh karena itu sejak muncul kopi robusta yang tahan

terhadap penyakit HV, dominasi kopi arabika mulai tergantikan (Siswanto dan Ratnaningsih, 2021).

2. Kopi Robusta



Gambar 2. Tanaman Kopi Robusta (Riyanti dkk., 2020)

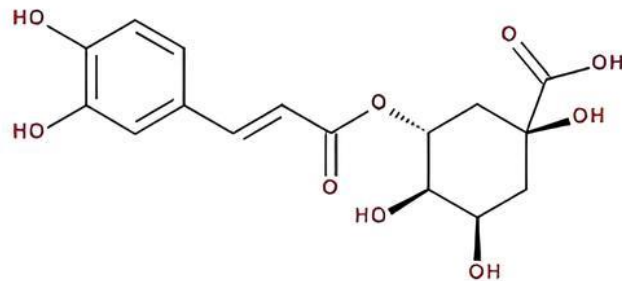
Kopi robusta memiliki ciri dapat tumbuh di dataran rendah, namun lokasi paling baik untuk membudidayakan tanaman ini pada ketinggian 400-800 meter dpl. Suhu optimal pertumbuhan kopi robusta berkisar 24-30°C dengan curah hujan 2000-3000 mm per tahun. Cabang reproduksi pada kopi robusta tumbuh tegak lurus. Buah kopi dihasilkan dari cabang primer yang tumbuh mendatar. Cabang primer ini cukup lentur sehingga membentuk tajuk seperti payung. Buah yang masih muda berwarna hijau, setelah masak berubah menjadi merah. Meski telah matang penuh, buah kopi robusta menempel dengan kuat pada tangkainya. Jangka waktu dari mulai berbunga hingga buah siap panen berkisar 10-11 bulan. Aroma kopi robusta tidak sekuat kopi arabika, dengan tingkat kekentalan (*body*) sedang hingga berat dan cita rasa pahit. Kandungan kafein robusta lebih dari dua kali lipat arabika, yaitu berkisar 1,7-4%. Dari total luas perkebunan kopi di Indonesia 898.145 hektare atau sekitar 73% perkebunan kopi ditanami kopi dengan jenis robusta (Siswanto dan Ratnaningsih, 2021).

Perbedaan antara kopi robusta dan arabika ini terletak pada bentuk biji, kopi robusta memiliki bentuk biji yang bundar dan kecil sedangkan pada biji kopi arabika memiliki biji berbentuk oval dan biji lebih besar dibandingkan dengan biji kopi

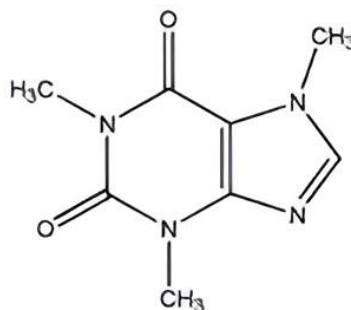
arabika. Selain dari bentuk biji perbedaan juga terdapat pada kandungan kafein, kadar kafein pada biji kopi arabika sebesar 1,2% sedangkan biji kopi robusta sebesar 2,2%, untuk kandungan polifenol yang terdapat pada biji kopi arabika sebesar 6-7% sedangkan untuk biji robusta sebesar 10% (Panggabean, 2011).

2.3 Kandungan dan Manfaat Kopi

Banyaknya komponen kimia di dalam kopi seperti kafein, asam klorogenat, trigonelin, karbohidrat, lemak, asam amino, asam organik, aroma volatile, dan mineral dapat menghasilkan efek yang menguntungkan dan membahayakan bagi kesehatan penikmat kopi (Higdon and Frei, 2006). Berdasarkan pencirian kopi, komposisi kimia yang paling banyak ditemukan pada kopi yaitu asam klorogenat dan kafein. Struktur asam klorogenat dan kafein dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Struktur Asam Klorogenat (Husniati dkk., 2020)



Gambar 4. Struktur Kafein (Riyanti dkk., 2020)

Beberapa manfaat dari mengonsumsi kopi diantaranya yaitu sebagai berikut:

1. Nutrisi Otak

Kafein dalam kopi mempunyai fungsi untuk menjaga fungsi otak agar tetap terjaga.

2. Pereda Stress

Mencium aroma kopi dapat merelaksasi otak sehingga stress dapat reda.

3. Mengobati Diabetes

Kandungan asam klorogenat di dalam kopi dapat menghambat penyerapan gula di saluran pencernaan. Kopi dapat menurunkan diabetes hingga 50%. Asam klorogenat dalam kopi juga berfungsi untuk membentuk insulin.

4. Keindahan Kulit

Selain bisa diminum dan memberikan manfaat bagi kesehatan, kopi yang belum diolah menjadi minuman juga sangat bermanfaat untuk keindahan kulit. Biasa para wanita menggunakan kopi untuk kecantikan dengan cara lulur dan masker. Banyak sekali salon-salon yang menawarkan *therapy spa* kopi.

5. Melindungi Gigi

Kopi mempunyai kemampuan antibakteri dan anti lengket, sehingga dapat mencegah bakteri penyebab gigi berlubang. Minum kopi secangkir dalam sehari dapat mencegah kanker mulut. Bahan yang terdapat dalam kopi dapat mencegah pertumbuhan sel kanker dan kerusakan DNA.

6. Stamina

Kafein dalam kopi dipercaya dapat meningkatkan stamina. Efek kafein adalah memacu kerja jantung sehingga dapat meningkatkan suplai darah ke otot yang menjadikan tubuh tidak cepat kehabisan tenaga.

7. Mengurangi Resiko Liver

Kopi juga sudah teruji mampu mencegah sirosis hati dan beberapa penyakit hati lainnya. Hal ini terjadi kerana kandungan antioksidan dan kafein di dalam tiap biji kopi.

8. Pencegah Kanker

Kandungan berbagai senyawa fitokimia dalam serbuk kopi banyak yang bersifat antioksidan dan bisa melawan senyawa radikal bebas penyebab kanker. (Weinberg, 2010).

2.4 Proses Pengolahan Kopi

Proses pengolahan buah kopi dilakukan dengan dua acara, yaitu pengolahan buah kopi secara kering (*dry process*) dan secara basah (*wet process*). Perbedaan kedua cara tersebut terletak pada adanya penggunaan air yang diperlukan untuk pengupasan kulit buah kopi maupun pencucian biji kopi (Rahardjo, 2012). Proses pengolahan buah kopi secara kering sering juga disebut sebagai proses natural. Proses pengolahan ini merupakan proses yang paling sederhana karena kopi yang telah dipanen langsung dikeringkan secara alami tanpa melibatkan air. Memproduksi kopi dengan pengolahan kering melalui beberapa tahapan yakni sortasi, pengeringan, pengupasan kulit buah dan kulit tanduk, serta sortasi dan pengeringan kembali. Metode pengolahan basah dalam proses pengolahannya sangat banyak menggunakan air. Memproduksi kopi dengan pengolahan basah melalui beberapa tahapan antara lain sortasi, pengupasan kulit buah dan daging, fermentasi, pencucian biji, pengeringan, dan pengupasan kulit tanduk dan kulit ari (Mutiar dkk., 2023).

Sebelum dinikmati sebagai minuman, kopi terlebih dahulu mengalami beberapa tahapan proses. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Pemanggangan, yaitu dengan memanggang (*roast*) biji kopi hijau yang mempengaruhi rasa dan mengubah biji kopi secara fisik dan secara kimiawi. Terjadi penurunan berat dalam proses ini tetapi terjadi peningkatan volume.
- b. Penyimpanan, yaitu setelah dipanggang kemudian biji harus disimpan dengan baik untuk memelihara rasa segarnya. Proses penyimpanan yang paling penting adalah

kondisi dingin dan kedap udara. Udara, embun, cahaya, dan panas adalah faktor lingkungan yang penting memelihara kesegaran serbuk kopi.

- c. Persiapan, yaitu kopi sebelum dinikmati terlebih dahulu digiling dan dimasak. Kopi dapat dimasak dengan beberapa cara yaitu direbus, direndam, atau dengan menggunakan tekanan udara.
- d. Penghidangan, yaitu setelah kopi dimasak, kopi dapat dihidangkan dengan berbagai cara misalnya langsung disajikan, disaring, ataupun dicampur dengan gula, susu, atau krim. Hidangan kopi dapat berbeda-beda tergantung dari campuran yang menyertainya atau bentuk penyajiannya (panas atau dingin)

(Rahardjo, 2012).

2.5 Tepung

Tepung merupakan salah satu bahan dasar dari tepung komposit dan terdiri atas karbohidrat, lemak, protein, mineral, dan vitamin. Tepung merupakan produk setengah jadi untuk bahan baku industri lebih lanjut. Tepung adalah partikel padat yang berbentuk butiran halus bahkan sangat halus tergantung pada pemakaiannya. Tepung biasanya digunakan untuk bahan baku industri, keperluan penelitian, maupun dipakai dalam kebutuhan rumah tangga, misalnya membuat kue dan roti. Tepung dibuat dari berbagai jenis bahan nabati, yaitu dari bangsa padi-padian, umbi-umbian, akar-akaran, atau sayuran yang memiliki zat tepung atau pati atau kanji. Contoh tepung nabati adalah tepung terigu yang berasal dari gandum, tepung tapioka yang berasal dari singkong, tepung maizena yang berasal dari jagung, tepung ketan yang berasal dari beras ketan. Tepung dapat juga dibuat dari bahan hewani, misalnya tepung tulang dan tepung ikan (Marbun dkk., 2018).

2.5.1 Tepung Jagung

Tepung jagung adalah tepung yang diperoleh dengan cara menggiling biji jagung (*Zea mays L*). Salah satu jenis jagung yang banyak dimanfaatkan adalah jagung manis (*Zea mays sacc*). Jagung mengandung sekitar 70% pati dari bobot biji jagung yang merupakan komponen penting tepung jagung. Komponen karbohidrat lain adalah gula sederhana, yaitu glukosa, sukrosa, dan fruktosa, sekitar 1,3% dari bobot biji. Tepung jagung juga mengandung protein, lemak, serat kasar, vitamin, dan mineral. Protein tepung jagung mempunyai komposisi asam amino yang cukup banyak. Asam lemak penyusun jagung terdiri dari asam lemak jenuh yang berupa palmitat dan stearat serta asam lemak tak jenuh berupa oleat dan linoleat. Kandungan protein dan lemak jagung bervariasi tergantung dari umur dan varietasnya. Kandungan protein jagung muda lebih rendah dibandingkan dengan jagung tua (Auliah, 2012).

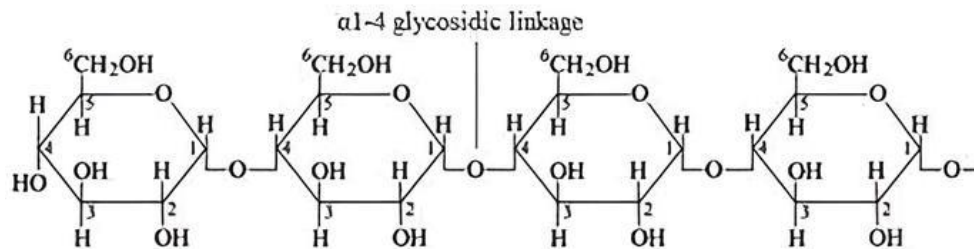
Proses pembuatan tepung jagung diawali dengan jagung dipipil, di *blanching* selama 5 menit, dan dihaluskan dengan menggunakan blender dengan perbandingan air 1:1. Bubur jagung yang dihasilkan diletakkan pada loyang dan dikeringkan dengan menggunakan oven suhu 50°C selama 24 jam. Setelah kering, dilakukan penepungan dan diayak dengan ayakan 80 mesh (Suarni, 2009).

2.5.2 Tepung Beras

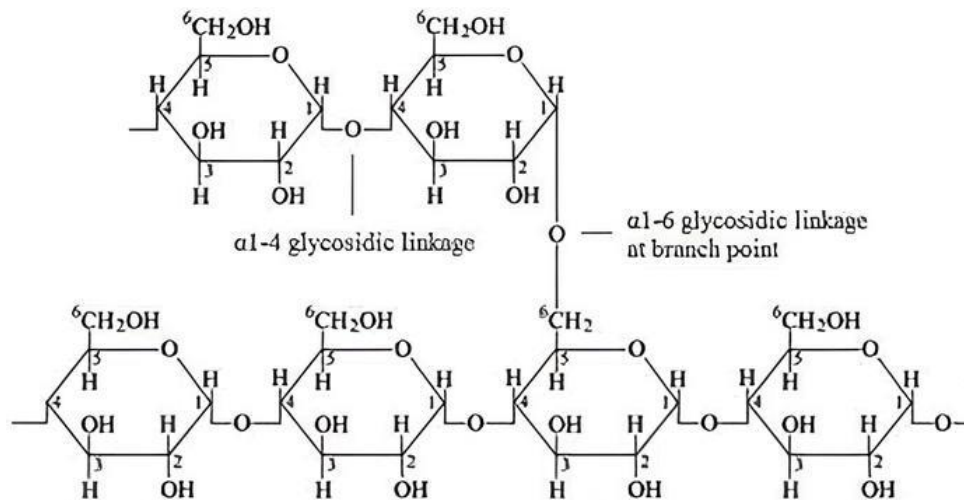
Tepung beras adalah produk olahan beras yang paling mudah pembuatannya. Dalam hal ini, beras digiling dengan penggiling *hammer mill*, kemudian diayak dengan ayakan 80 *mesh* sehingga menjadi tepung. Tepung ini kemudian dijemur atau dikeringkan hingga kadar airnya mencapai 14%. Beberapa karakteristik dari tepung beras adalah memiliki warna putih agak transparan, terasa lembut dan halus bila

diraba dengan jari, dan mengandung amilosa dengan kadar sekitar 20%. Tepung beras biasanya digunakan sebagai bahan untuk pembuatan produk makanan tradisional. Contoh produk yang biasa dikembangkan adalah kue putu, bubur sumsum, nagasari, cendol, kue lapis, kue mangkok, dan lain-lain (Ridawati dan Alsuhehndra, 2019).

Berdasarkan pencirian tepung, komposisi kimia yang paling banyak ditemukan pada tepung jagung dan tepung beras yaitu pati yang tersusun dari amilosa dan amilopektin. Struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Struktur Amilosa (Kunle, 2020)



Gambar 6. Struktur Amilopektin (Kunle, 2020)

2.6 Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75-1.000 μm atau pada bilangan gelombang 0,1-13.000 cm^{-1} . Metode spektroskopi inframerah merupakan suatu metode yang meliputi teknik serapan (*absorption*), teknik emisi (*emission*), teknik fluoresensi (*fluorescence*). Komponen medan listrik yang banyak berperan dalam spektroskopi umumnya hanya komponen medan listrik seperti dalam fenomena transmisi, pemantulan, pembiasan, dan penyerapan. Penyerapan gelombang elektromagnetik dapat menyebabkan terjadinya eksitasi tingkat-tingkat energi dalam molekul. Eksitasi dapat berupa elektronik, vibrasi, atau rotasi (Yudhapratama, 2010). FTIR merupakan salah satu alat atau instrumen yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa, dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang 14000 cm^{-1} hingga 10 cm^{-1} (Sari dkk., 2018). Berdasarkan panjang gelombang tersebut daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian Daerah Inframerah

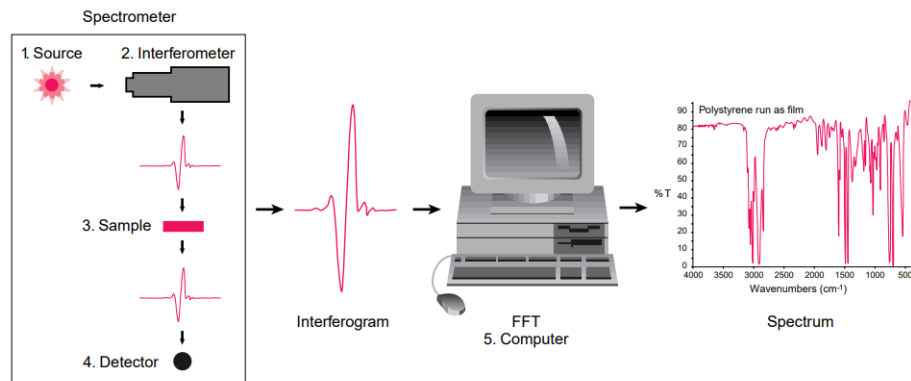
Daerah	Panjang Gelombang (μm)	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
IR dekat	0,8-2,5	12.500-4.000
IR tengah	2,5-25	4.000-400
IR jauh	25-1000	400-10

(Watson, 2012).

Untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat seperti senyawa anorganik tapi butuh teknik khusus. Biasanya analisis senyawa dilakukan pada daerah IR sedang (Sari dkk., 2018).

Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. *Infrared* yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang

disampaikan kepada sampel. Selanjutnya, beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya di transmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak (Thermo, 2001).



Gambar 7. Prinsip Kerja FTIR (Thermo, 2001)

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.

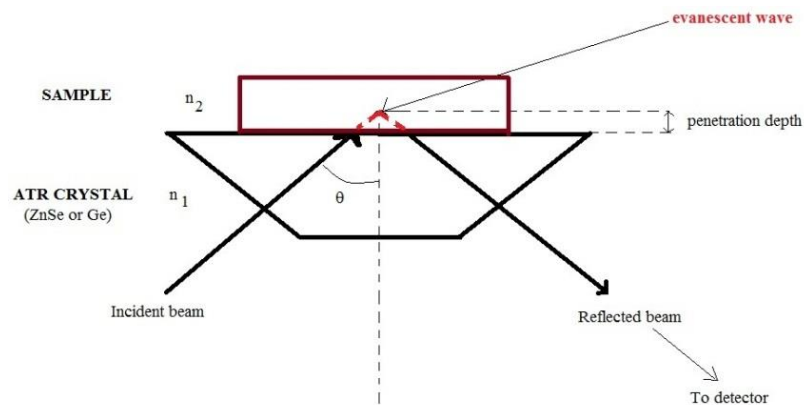
b. Analisis kuantitatif

Analisis kuantitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk menentukan konsentrasi analit dalam sampel. Metode FTIR yang merupakan metode bebas reagen, tanpa penggunaan radioaktif dan dapat mengukur kadar hormon secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis gugus fungsi suatu sampel dilakukan dengan membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada spektrum inframerah menggunakan spektrum senyawa pembanding (yang sudah diketahui) (Sari dkk., 2018).

Salah satu pengembangan yang menarik dari spektrofotometer FTIR adalah adanya teknik reflektan yang sederhana, yaitu sistem *Attenuated Total Reflectance* (ATR).

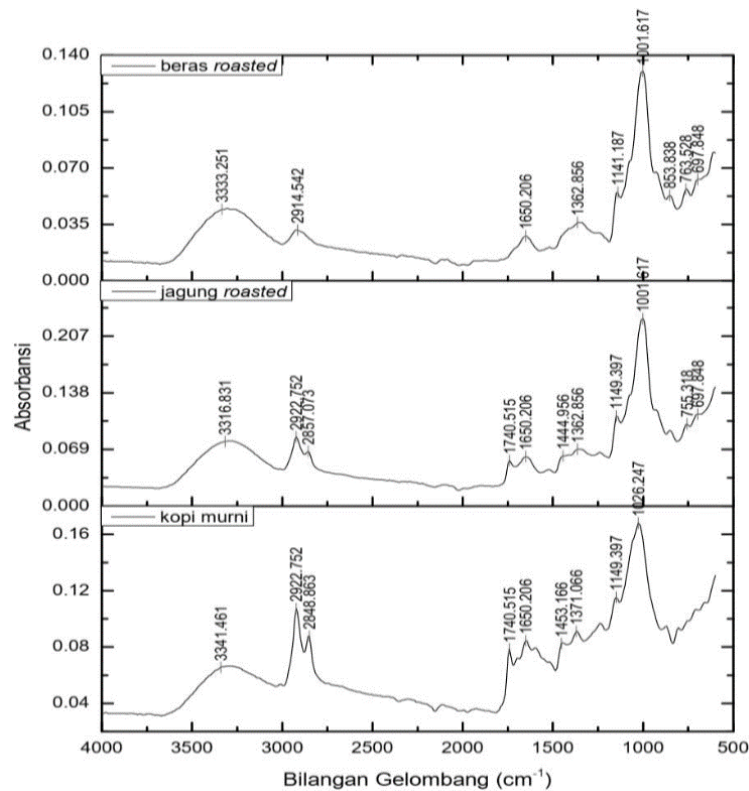
ATR merupakan teknik yang baik dan tangguh untuk sampling IR. ATR berguna untuk sampling permukaan bahan yang halus, dimana bahan tersebut sangat tebal atau buram untuk pengukuran IR dengan transmisi. Teknik ATR bersifat nondestruktif, preparasi sampel sedikit dan tidak memerlukan preparasi sampel, dan cepat. ATR dapat mengukur padatan (seperti kertas, kaca, keju, daging, serbuk, dan bahan yang warna gelap) dan cairan termasuk larutan nonaqueous (seperti minyak dan pasta), polimer, dan bahan organik lain (Sun, 2008).

Mekanisme kerja yang terjadi pada alat ATR-FTIR adalah, sumber sinar yang berasal dari bawah akan dipancarkan sesuai dengan sudut sinar kritis ke arah prisma kristal (Zinc selenide (ZnSe)/Ge) melewati spesimen dan kemudian dipantulkan ke detektor. Sinar yang telah melewati detektor akan menghasilkan panjang gelombang dan spektra IR yang dapat tercatat dan terlihat pada monitor (Arsista dan Eriwati, 2021).



Gambar 8. Mekanisme Kerja ATR-FTIR (Arsista dan Eriwati, 2021)

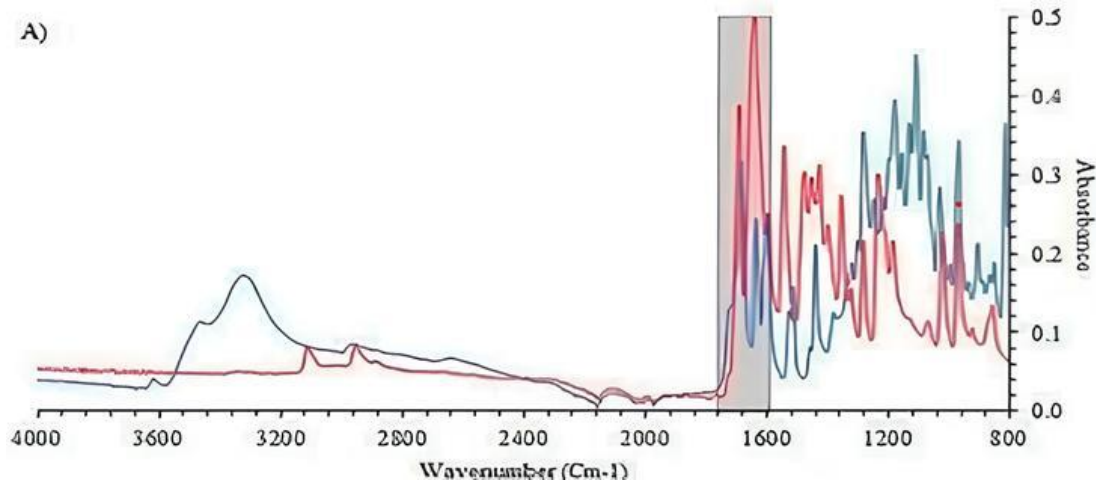
Pada penelitian Triawan dkk. (2022) di Kota Bengkulu, mengenai pencirian kopi robusta Bengkulu dari kemungkinan bahan pencampur menggunakan kombinasi spektroskopi FTIR dan kemometrika, menghasilkan pola spektrum sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Spektrum FTIR Representatif dari Kopi Murni, Jagung *Roasted*, dan Beras *Roasted* (Triawan dkk., 2022)

Pada Gambar 9 terlihat bahwa spektrum IR sampel dapat memberikan serapan yang menunjukkan komposisi kimia didalamnya. Pita serapan utama terdapat pada bilangan gelombang sekitar $4000-3000\text{ cm}^{-1}$ yang berupa vibrasi O-H (*stretch*), pada daerah sekitar $3000-2850\text{ cm}^{-1}$ yang berupa vibrasi C-H (*stretch*), pada daerah sekitar $1100-1000\text{ cm}^{-1}$ yang berupa vibrasi dari C-C-O (*bend*), pada daerah $1660-1560\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi C=C (*stretch*) dan $1710-1660\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi C=O (*stretch*) (Triawan dkk., 2022).

Spektrum IR dari asam klorogenat dan kafein dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Spektrum FTIR Asam Klorogenat dan Kafein (Monje *et al.*, 2018)

Pada Gambar 10, hasil spektrum FTIR asam klorogenat ditunjukkan dengan spektrum berwarna biru, sedangkan kafein ditunjukkan dengan spektrum berwarna merah. Kedua spektrum tersebut menunjukkan pendekatan pada bilangan gelombang 1600-1800 cm^{-1} . Terdapat tiga puncak yang menunjukkan adanya gugus karbonil (C=O) pada 1685 cm^{-1} , gugus etilen (C=C) pada 1636 cm^{-1} , dan peregangan cincin fenil pada 1599 cm^{-1} . Sedangkan, pada spektrum kafein terdapat dua puncak yang menunjukkan adanya gugus karbonil (C=O) pada 1642 cm^{-1} dan gugus amina (C=N) pada 1692 cm^{-1} (Monje *et al.*, 2018).

2.7 Kemometrika

Kemometrika merupakan ilmu yang memperoleh data dengan menerapkan metode matematika dan statistik. Kemometrika digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis data multivariat protokol, kalibrasi, memodelkan proses, mengenali pola dan klasifikasi, koreksi dan kompresi sinyal, serta mengendalikan proses statistik (Singh *et al.*, 2013). Kemometrika memberikan pendekatan baru untuk analisis berbagai jenis data pengukuran spektroskopi dan kimia. Selain itu, kemometrika

dapat diimplementasikan dalam kimia untuk mengoptimalkan prosedur eksperimental dan memberikan informasi kimia yang maksimum dan relevan (Einax, 2004).

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 (Mok and Chau, 2006). 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. Selain itu, teknik kemometrika menjadi solusi yang baik untuk menganalisis senyawa campuran yang memiliki profil spektra tumpang tindih (Alahmad *et al.*, 2018).

Salah satu metode analisis multivariat adalah *principal component analysis* (PCA) dan *partial least square* (PLS). PCA yaitu teknik reduksi data multivariat, ketika antarvariabel terjadi korelasi. Sedangkan, PLS yaitu teknik yang menggunakan kombinasi-kombinasi linier variable predictor dibandingkan menggunakan variable asal (Rohman dkk., 2021).

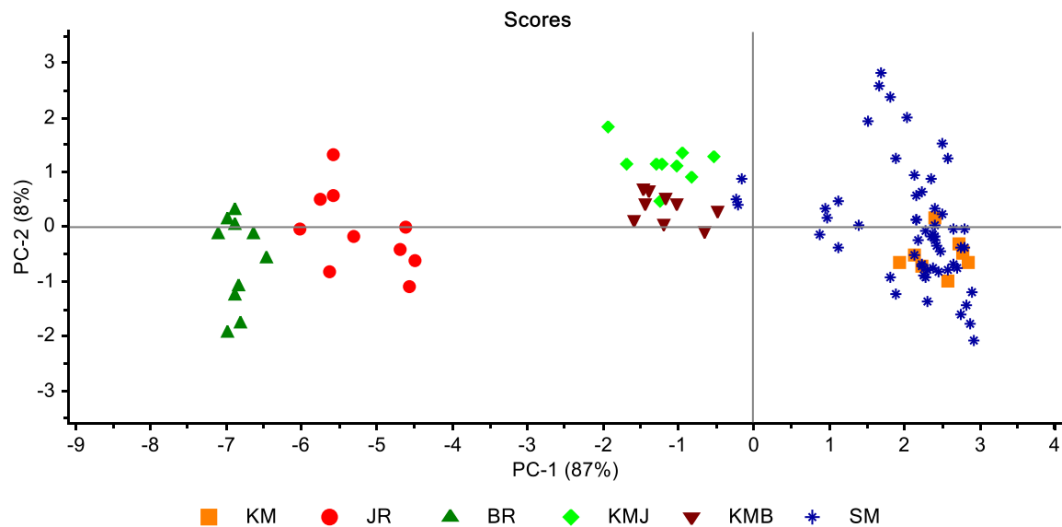
2.7.1 *Principal Component Analysis* (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) adalah metode yang paling sering digunakan untuk mengolah data multivariat dengan sampel yang tidak diketahui atau suatu metode analisis perubah ganda yang bertujuan menyederhanakan variable yang diamati dengan cara menyusutkan (mereduksi) dimensinya (Shafirany dkk., 2019). Tujuan dari PCA adalah untuk mereduksi dimensi yang besar dari ruang data (*observed variables*) menjadi dimensi yang lebih kecil dari ruang fitur (*independent*

variables), yang dibutuhkan untuk mendeskripsikan data lebih sederhana (Pratiwi dan Agus, 2013).

Prinsip PCA adalah mencari komponen utama yang merupakan kombinasi linear dari peubah asli (Varmuza, 2001). PCA memudahkan visualisasi pengelompokan data, evaluasi awal kesamaan antar kelompok atau kelas, dan menemukan faktor atau alasan di balik pola yang teramati melalui korelasi dengan sarana kimia atau fisika-kimia (Sim *et al.*, 2004).

Pada penelitian Triawan dkk. (2022) menggunakan PCA untuk mengkarakterisasi senyawa kimia kopi menghasilkan plot PCA pada panjang gelombang 4000-650 cm^{-1} sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 11.



(Keterangan: KM = kopi murni, JR = jagung *roasted*, BR = beras *roasted*, SM = sampel kopi komersial, KMJ = kopi murni + jagung 50% b/b, KMB = kopi murni + beras 50% b/b)

Gambar 11. Plot PCA Kopi Komersial terhadap Kopi Murni dan Kopi dengan Pencampur (Triawan dkk., 2022)

Berdasarkan hasil *plotting* sampel kopi komersial pada kopi murni dan kopi dengan campuran beras *roasted* maupun jagung *roasted* diketahui sebagian besar sampel kopi berada pada daerah kopi murni. Namun ada 1 dari 18 sampel kopi (5,56%) yang

berada pada daerah kopi yang dicampur dengan beras *roasted* ataupun dengan jagung *roasted*. Hal ini mengindikasikan bahwa ada kemungkinan sampel kopi yang beredar di Kota Bengkulu mengalami pencampuran dengan beras ataupun jagung namun konsentrasi pencampurannya tidak dapat diketahui (Triawan dkk., 2022).

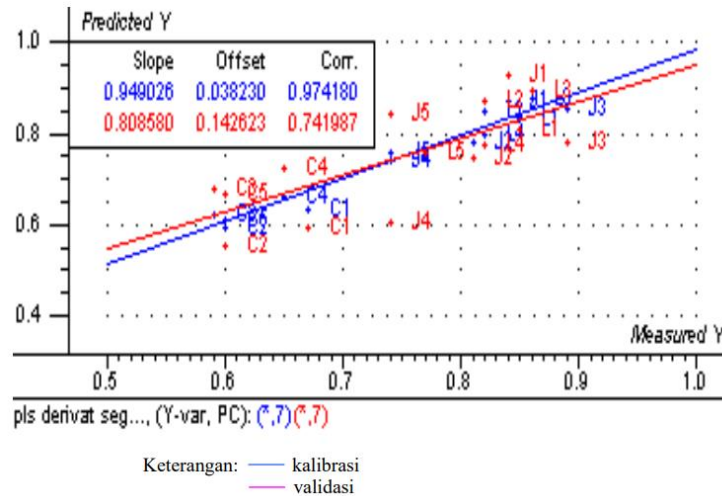
2.7.2 Partial Least Square (PLS)

Partial Least Square (PLS) adalah menghitung nilai komponen utama (*principal component*) data matriks X dan Y dan membangun model regresi antarnilai (dan dari data perkiraan). X adalah matriks penduga yang berisi data hasil sumber percobaan, sedangkan Y merupakan matriks respons dengan data yang dapat menginformasikan tentang proses percobaan. PLS mampu menganalisis data dengan jumlah yang cukup banyak, memiliki tingkat kolinearitas tinggi, sejumlah besar variabel X, dan beberapa variabel respons Y (Wold *et al.*, 2001).

Metode PLS merupakan metode yang mengkombinasikan sifat-sifat dari komponen utama dan regresi linear berganda. Tujuan dari metode PLS adalah mengestimasi dan menganalisis variabel terikat dari variabel-variabel bebas. Dalam hal ini, PLS mereduksi dimensi variabel-variabel bebas dengan membentuk variabel-variabel baru yang merupakan kombinasi linear dari variabel-variabel bebas dengan dimensi lebih kecil (Abdi, 2010).

Metode PLS memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode regresi komponen utama. Hal ini dapat disimpulkan dengan melihat nilai (R^2). *Mean Square Error Prediction* (MSEP), dan *Root Mean Square Error Prediction* (RMSEP). Metode PLS mempunyai nilai (R^2) yang lebih tinggi dan mempunyai nilai MSEP dan RMSEP yang lebih rendah jika dibandingkan terhadap metode regresi komponen utama (Supriyadi dkk., 2017).

Pada penelitian me dkk. (2011) mengenai prediksi kadar flavonoid total tempuyung (*Sonchus arvensis L.*) menggunakan kombinasi spektroskopi IR dengan regresi kuadrat terkecil parsial ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Plot Regresi PLS Tempuyung Model Derivat Segmen 1 (Rohaeti dkk, 2016)

Model data spektrum ini walaupun memiliki nilai korelasi yang jauh lebih rendah daripada nilai korelasi spektrum derivat (r derivat segmen 1 = 0.974, dan r derivat = 0.996), namun tingkat kestabilannya cenderung lebih baik, diperlihatkan oleh nilai kesalahan validasinya yang hanya berkisar tiga kali lipat daripada nilai kesalahan kalibrasinya (RMSEC = 0.023, RMSEP = 0.076) (Rohaeti dkk, 2016).

III. METODE PERCOBAAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

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

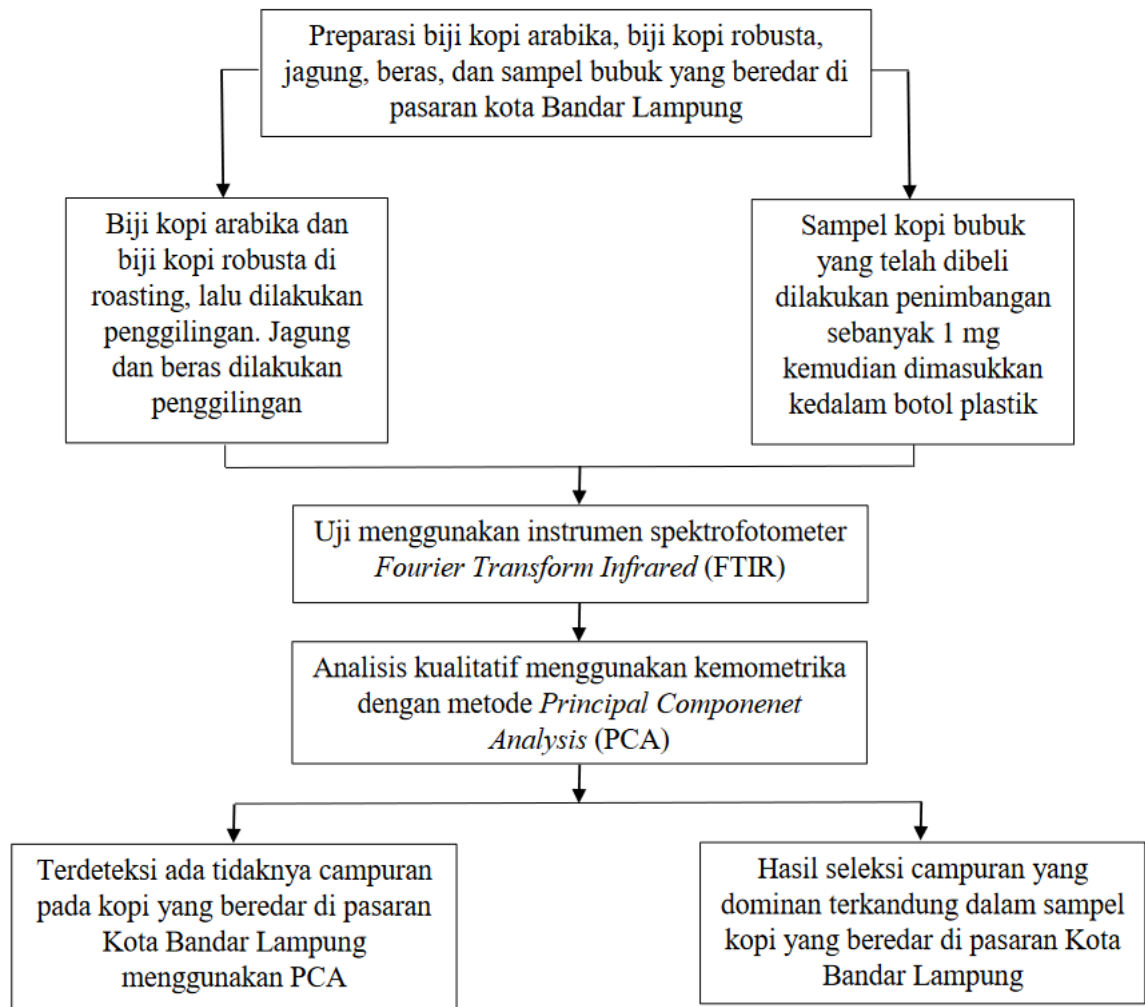
3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu mangkok, blender, loyang, ayakan, mortar dan stamper, spatula, neraca analitik, botol plastik, gunting, label, perangkat spektrofotometer FTIR, perangkat PC, dan *software* Minitab 19.

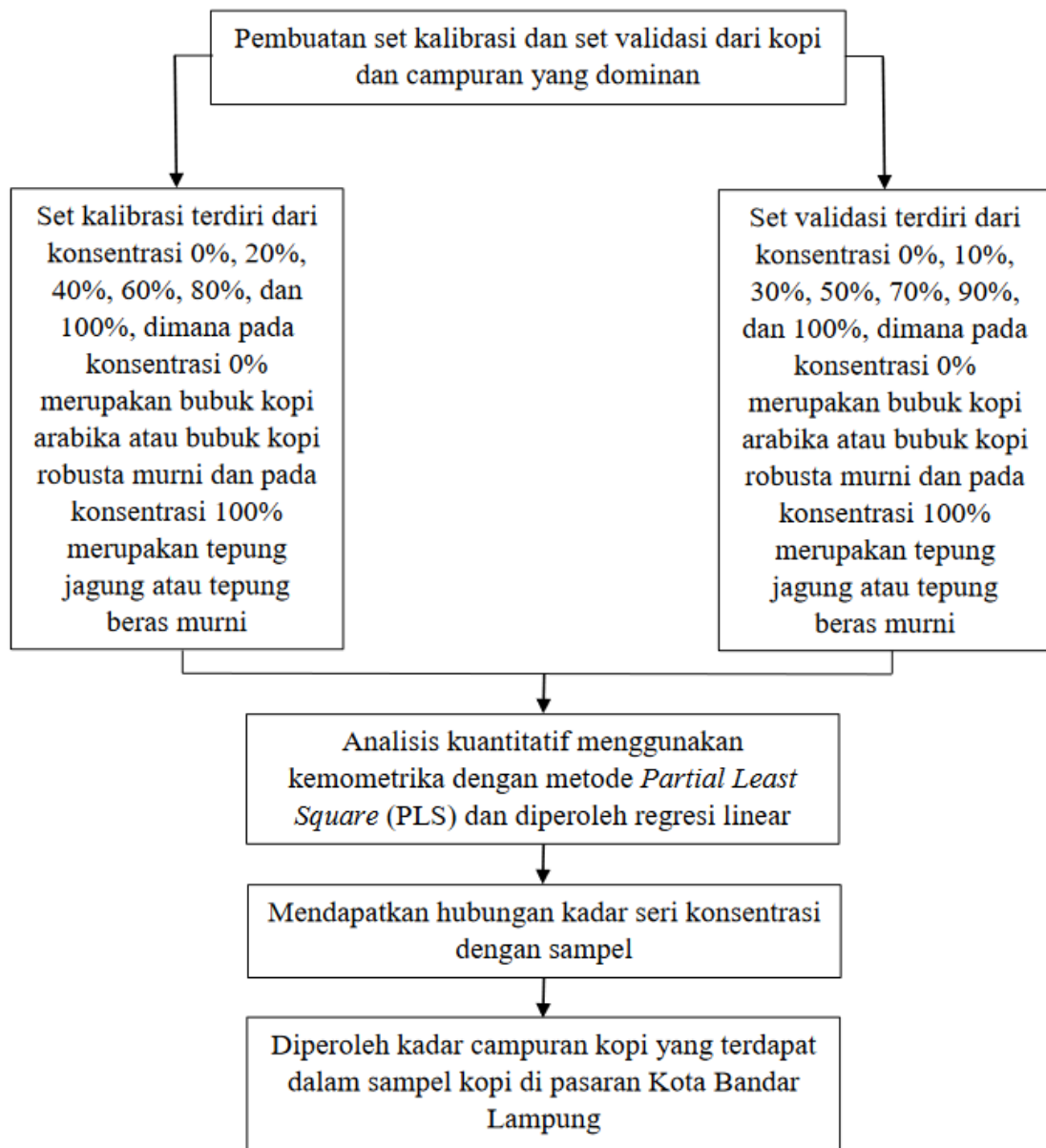
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu biji kopi arabika, biji kopi robusta, beras, jagung, air, dan 5 sampel bubuk kopi yang beredar di pasaran Kota Bandar Lampung.

3.3 Prosedur Penelitian

Bagan alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Bagan Alir Penelitian Analisis secara Kualitatif



Gambar 14. Bagan Alir Penelitian Analisis secara Kuantitatif

3.3.1 Preparasi Standar

a. Preparasi Standar Kopi Murni

Proses preparasi sampel kopi murni diawali dengan memilih biji kopi arabika dan biji kopi robusta yang telah di *roasting* hingga medium *roast*, selanjutnya dilakukan penggilingan pada biji kopi arabika dan biji kopi robusta untuk merubah bentuk dari biji menjadi bubuk (Triawan dkk., 2022).

b. Preparasi Bahan Campuran Kopi

Proses preparasi bahan campuran yang berupa tepung jagung diawali dengan jagung kering yang telah dipipil, kemudian dilanjutkan dengan proses penggilingan dan pengayakan. Sedangkan, untuk tepung beras diawali dengan beras yang telah dicuci, lalu dilakukan penggilingan, kemudian dijemur dibawah sinar matahari, setelah tepung beras kering dilakukan pengayakan (Ridawati dan Alsuhendra, 2019).

3.3.2 Pembuatan Set Kalibrasi dan Set Validasi

Pembuatan set kalibrasi dan set validasi dilakukan dengan menambahkan tepung jagung atau tepung beras ke dalam kopi arabika atau kopi robusta berdasarkan hasil PCA. Hal ini, perlu dilakukan untuk mengetahui jenis kopi bubuk beserta campurannya yang beredar di pasaran.

a. Set Kalibrasi

Set kalibrasi terdiri dari objek atau sampel yang telah diketahui kategorinya dan digunakan untuk membentuk model klasifikasi kemometrika (Berrueta *et al.*, 2007). Pada penelitian ini set kalibrasi yang digunakan terdiri konsentrasi 0, 20, 40, 60, 80, dan 100%, dimana pada konsentrasi 0% merupakan tepung jagung atau tepung beras murni dan pada konsentrasi 100% merupakan kopi arabika atau kopi robusta murni. Komposisi campuran yang digunakan untuk set kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Campuran yang Digunakan untuk Set Kalibrasi

No	Kopi Arabika/ Robusta (mg)	Tepung Jagung/Beras (mg)	Konsentrasi (%)	Kategori
1	0	1	0	Murni
2	0,2	0,8	20	Campuran
3	0,4	0,6	40	Campuran
4	0,6	0,4	60	Campuran
5	0,8	0,2	80	Campuran
6	1	0	100	Murni

b. Set Validasi

Set validasi terdiri dari objek atau sampel yang telah diketahui kategorinya, namun digunakan untuk mengevaluasi reliabilitas model yang telah dibentuk oleh set validasi (Berrueta *et al.*, 2007). Pada penelitian ini set validasi yang digunakan terdiri konsentrasi 0, 10, 30, 50, 70, 90, dan 100%, dimana pada konsentrasi 0% merupakan tepung jagung atau tepung beras murni dan pada konsentrasi 100% merupakan kopi arabika atau kopi robusta murni. Komposisi campuran yang digunakan untuk set validasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Campuran yang Digunakan untuk Set Validasi

No	Bubuk Kopi Robusta (mg)	Tepung Jagung (mg)	Konsentrasi (%)	Kategori
1	0	1	0	Murni
2	0,1	0,9	10	Campuran
3	0,3	0,7	30	Campuran
4	0,5	0,5	50	Campuran
5	0,7	0,3	70	Campuran
6	0,9	0,1	90	Campuran
7	1	0	100	Murni

3.3.3 Preparasi Sampel yang Beredar di Pasaran

a. Sampling

Proses sampling diawali dengan mensurvei, survei dilakukan di pasar tradisional yang berada di Kota Bandar Lampung. Proses sampling dilakukan dengan cara

random sampling. Diambil sebanyak lima sampel kopi dalam bentuk bubuk dengan berbagai merk yang paling diminati oleh masyarakat. Selanjutnya, lima sampel kopi tersebut diambil sebanyak 1 mg diujikan menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mendapatkan spektrum yang selanjutnya akan diolah menggunakan metode PCA dan PLS.

3.3.4 Pengukuran Spektrum *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Semua sampel diukur menggunakan alat spektrofotometer FTIR dan dikendalikan menggunakan *software* OPUS. Pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan serbuk sampel pada kompartemen sampel (tempat sampel) kemudian dijalankan perintah analisa melalui *software* OPUS pada daerah bilangan gelombang $4000\text{-}650\text{ cm}^{-1}$ dengan kecepatan pemindaian 32 scan/menit dan resolusi 4 cm^{-1} . Pengukuran masing-masing sampel dilakukan dua kali pengulangan (Triawan dkk., 2022).

3.3.5 Analisis Kemometrika

Data absorbansi hasil spektrum FTIR selanjutnya diolah menggunakan metode PCA dan PLS dengan menggunakan *software* Minitab 19.

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

1. Dibuka **Worksheet** Minitab 19 kemudian dimasukkan data.
2. Untuk analisis PCA, diklik: **Stat** → **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 dkk., 2021).

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

1. Dibuka jendela Minitab 19.
2. Dimasukkan data dalam *Worksheet* Minitab 19.
3. Diklik **Stat** → **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** → diklik **Ok**, maka diperoleh *output* data (Rohman dkk., 2021)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Identifikasi kemurnian kopi telah berhasil dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer FTIR dan kemometrika (PCA), dimana didapatkan nilai kumulatif sebesar 90,7% dari PC1 dan PC2, sehingga kedua komponen utama tersebut sudah dapat memberikan informasi yang memadai untuk seluruh komponen.
2. Analisis PCA menunjukkan bahwa kelima sampel mengelompok pada kopi robusta, namun sampel D dan E sedikit berada di plot standar tepung jagung. Hal ini, mengindikasikan adanya campuran tepung jagung. Sehingga, dilakukan pemodelan kopi robusta dan tepung jagung menggunakan metode PLS.
3. Hasil pemodelan set kalibrasi menggunakan metode PLS menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,999981 dengan nilai RMSEC sebesar 0,1357%.
4. Hasil pemodelan set validasi menggunakan metode PLS menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,999926 dengan nilai RMSEP sebesar 0,66%.
5. Kadar kopi robusta yang terkandung dalam sampel kopi di pasaran Bandar Lampung berkisar 71,662%-98,243%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperlukan metode lainnya untuk mendapatkan standar murni dalam bentuk cairan agar mudah saat proses pemodelan set kalibrasi dan set validasi. Pengulangan pengujian untuk standar, set kalibrasi, dan set validasi untuk memperoleh data yang lebih representatif, sehingga analisis dengan menggunakan perangkat lunak statistik dapat berjalan lebih baik dan menghasilkan hasil yang lebih akurat. Selain itu, gunakan *software* statistik lain seperti Unscrambler untuk memungkinkan perbandingan hasil yang lebih baik dan lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, H. 2010. Partial Least Squares Regression And Projection On Latent Structure Regression (PLS Regression). *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*. 2(1): 97–106.
- 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 Keteknik Pertanian*. 3(1): 57–63.
- Alahmad, S., Elfatry, H. M., Mabrouk, M. M., Hammad, Sherin F., A., and Mansour, F. R. 2018. Chemometric Methods for Simultaneous Determination of Bisoprolol, Hydrochlorothiazide and Ramipril in Ternary Combinations. *Der Pharma Chemica*. 10(3): 140–145.
- Arsista, D., dan Eriwati, Y. K. 2021. Penggunaan ATR-FTIR (Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy) pada Kedokteran Gigi. *Jurnal Material Kedokteran Gigi*. 10(2): 57–66.
- Auliah, A. 2012. Formulasi Kombinasi Tepung Sagu dan Jagung pada Pembuatan Mie. *Jurnal Chemica*, 13(2): 33–38.
- Berrueta, L. A., Alonso-Salces, R. M., and Héberger, K. 2007. Supervised pattern recognition in food analysis. *Journal of Chromatography A*. 11(58):196–214.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2022. *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020-2022*. Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan.
- Einax, J. W. 2004. Chemometrics in analytical chemistry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 380: 368–369.
- Fertiasari, R., Asta, H., dan Kristiandi, K. 2022. Pelatihan Tepung Beras Fortifikasi Guna Menurunkan Kejadian Stunting di Desa Tebas Kabupaten Sambas. *Indonesia Berdaya*. 3(4): 1039–1044.

- Flores-valdez, M., Gabriela, O., Osorio-revilla, G., and Gallardo-vel, T. 2020. Identification and Quantification of Adulterants in Coffee (*Coffea arabica* L.) Using FT-MIR Spectroscopy Coupled with Chemometrics. *Foods*. 9(851): 1–11.
- 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). *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*. 2(3): 439–444.
- Higdon, J. V., and Frei, B. 2006. Coffee and health: A review of recent human research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 46(2): 101–123.
- Husniati, H., Yunika Sari, M., dan Sari, A. 2020. Karakterisasi Senyawa Aktif Asam Klorogenat dalam Kopi sebagai Antioksidan. *Majalah Teknologi Agro Industri (Tegi)*. 12(2): 34–39.
- Kunle, O. O. 2020. *Chemical Properties of Starch*. London. United Kingdom.
- Kurniadi, A., dan Sutikno, S. 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.
- Mangiwa, S., Futwembun, A., dan Awak, P. M. 2015. Kadar Asam Klorogenat (CGA) Dalam Biji Kopi Arabika (*Coffea Arabica*) Asal Wamena, Papua. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*. 3(2): 313.
- Maqsuroh, F. H. 2018. Analisis Minyak Zaitun, Sawit, Babi, dan Campuran Berbasis Data FTIR dengan Kualifikasi menggunakan PCA dan CA. *Skripsi*. 95.
- Marbun, E. D., Sinaga, L. A., Simanjuntak, E. R., Siregar, D., dan Afriany, J. 2018. Penerapan Metode Weighted Aggregated Sum Product Assessment Dalam Menentukan Tepung Terbaik Untuk Memproduksi Bihun. *Jurnal Riset Komputer*. 5(1): 24.
- 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.

- Mok, D. K. W., and Chau, F. T. 2006. Chemical information of Chinese medicines: A challenge to chemist. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 82: 210–217.
- Monje, A. F. B., Parrado, L. X., and Gutiérrez-Guzmán, N. (2018). ATR-FTIR for Disc Rimenation of Espresso and Americano Coffee Pods. *Coffee Science*. 13(4): 550–558.
- Mutiara, M., Rustam, A., dan Nurindah, N. 2023. Cita rasa khas kopi Topidi melalui proses panen hingga metode pengolahan dry process dan full wash. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*. 3(1): 44–54.
- Novita, E., Syarief, R., Noor, E., dan Mulato, S. 2010. Peningkatan Mutu Biji Kopi Rakyat Dengan Pengolahan Semi Basah Berbasis Produksi Bersih. *Jurnal Agroteknologi*. 4(1): 76–90.
- Panggabean, E. 2011. *Buku Pintar Kopi*. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta.
- Prastowo, B., Karmawati, E., Rubiyo, Siswanto, Anto, C. I., dan Unarso, S. J. M. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kopi*. Eska Media. Jakarta.
- Pratiwi, D. E dan Agus, H. 2013. Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis). *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems*. 3(2): 175–184.
- Prayitno, Y. A., Emmawati, A., Prabowo, S., Candra, K. P., dan Rahmadi, A. 2021. Autentikasi Cepat Madu Hutan Kalimantan Timur dengan Atr-Ftir Spektroskopi Kombinasi Analisis Kemometrika. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*. 32(2): 181–189.
- Purwakusumah, E. D., Rafi, M., Safitri, U. D., Nurcholis, W., dan Adzkiya, M. A. Z. 2014. Identifikasi Dan Autentikasi Jahe Merah Menggunakan Kombinasi Spektroskopi Ftir Dan Kemometrik. *Jurnal Agritech*. 34(1): 82–87.
- Rahardjo, P. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Raswindo, A., Ahmad, F., dan Syarifudin. 2021. Uji Kapasitas Mesin Penepung Disk Mill Tipe Ffc 15 Menggunakan Pully 7 Inchi. *Jurnal Poltek Tegal*. 7(1): 1–9.
- Ridawati dan Alsuhendra. 2019. Pembuatan Tepung Beras Warna Menggunakan Pewarna Alami dari Kayu Secang (*Caesalpinia sappan L.*). *Seminar Nasional Edusainstek*. 409–419.
- Riyanti, E., Silviana, E., dan Santika, M. 2020. Analisis Kandungan Kafein Pada

- Kopi Seduhan Warung Kopi Di Kota Banda Aceh. *Lantanida Journal*. 8(1): 1–95.
- Rohaeti, E. R. Heryanto, M. Rafi, A. W. dan L. K. D. 2016. Prediksi Kadar Flavonoid Total Tempuyung (*Sonchus arvensis* L.) Menggunakan Kombinasi Spektroskopi IR Dengan Regresi Kuadrat Terkecil Parsial. *Jurnal Kimia*. 5(2): 101–108.
- Rohaeti, E., Muzayanah, K., Septaningsih, D. A., and Rafi, M. 2019. Fast Analytical Method for Authentication of Chili Powder from Synthetic Dyes Using UV-Vis Spectroscopy in Combination with Chemometrics. *Indonesian Journal of Chemistry*. 19(3): 668–674.
- Rohman, A., Irnawati, dan Riswanto, F. D. O. 2021. *Kemometrika*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- 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.
- Sari, N. W., Fajri, M. Y., dan W., A. 2018. Analisis Fitokimia Dan Gugus Fungsi Dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminata* (L)). *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*. 2(1): 30.
- Setyaningsih, P. W., Okta, S., dan Setiyani, S. 2021. Sistem Informasi Penjualan Kopi Khas Lampung Berbasis Website. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Informasi*. 4(1): 39–44.
- Shafirany, M. Z., Susilawati, Y., dan Musfiroh, I. 2019. Aplikasi Kemometrik dalam Penentuan Mutu Tumbuhan Obat. *Jurnal Farmasi, Sains, Dan Kesehatan*. 4(2): 6–14.
- Sim, C., Hamdan, M., Ismail, Z., and Ahmad, M. 2004. Assessment of Herbal Medicines by Chemometrics – Assisted Interpretation of FTIR Spectra. *Journal Of Analytica Chimica Acta*. 1–14.
- Singh, I., Juneja, P., Kaur, B., and Kumar, P. 2013. Pharmaceutical Applications of Chemometric Techniques. *ISRN Analytical Chemistry*. 1–13.
- Siswanto dan Ratnaningsih, Y. 2021. Tingkat Pendapatan Masyarakat Terhadap Komoditi Kopi Tambora di Desa Oi Bura Kecamatan Tambora Kabupaten Bima (Studi Kasus Kelompok Tani Jembatan Besi. *Journal of Forestry and Plant Science*. 5(1): 12–19.
- Suarni. 2009. Prospek Pemanfaatan Tepung Jagung Untuk Kue Kering (Cookies).

- Jurnal Litbang Pertanian*. 28(2): 63–71.
- Suhandy, D., Supriyanti, E., Yulia, M., dan Waluyo, S. 2018. Penggunaan Teknologi UV-Vis Spectroscopy untuk Membedakan Jenis Kopi Bubuk Arabika Gayo Wine dan Kopi Bubuk Arabika Gayo Biasa. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 7(3): 123–132.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2021. Uji Keaslian Kopi Bubuk Speisialti Arabika Gayo Aceh Menggunakan Spektroskopi UV dan Kemometrika. *Jurnal AgriTECH*. 41(1): 58–70.
- Sun, D. 2008. *Modern Technique for Food Authentication*. Elsevier Inc. Kanada.
- Supriyadi, E., Mariani, S., dan Sugiman. 2017. Perbandingan Metode Partial Least Square (PLS) dan Principal Component Regression (PCR) untuk Mengatasi Multikolinearitas pada Model Regresi Linier Berganda. *Unnes Journal of Mathematics*. 6(2): 117–128.
- Syamsunarto, D., dan Yohanes. 2018. Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Mekanis Empat Batang Pada Mesin Pengayak Terhadap Kapasitas Produksi Ayakan. *Jom FTEKNIK*. 5(1): 1–7.
- Thermo, N. 2001. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. Thermo Nicolet Inc: Madison. USA.
- Triawan, D. A., Ghufira, G., Adfa, M., dan Rafi, M. 2022. Pencirian Kopi Robusta Bengkulu dari Kemungkinan Bahan Pencampur Menggunakan Kombinasi Spektroskopi FTIR dan Kemometrik. *Jurnal AgriTECH*. 42(4): 321–328.
- Varmuza, K. 2001. Applied Chemometrics : From Chemical Data to Relevant Information. *In 1st Conference on Chemistry*. Cairo University. Mesir.
- Viani, R. 2002. Global Perspectives in Coffee Quality Improvement. *FAO Consultant*. 1–6.
- Wangge, M. 2021. Penerapan Metode Principal Component Analysis (PCA) Terhadap Faktor-faktor yang Mempengaruhi Lamanya Penyelesaian Skripsi Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FKIP UNDANA. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*. 5(2): 974–988.
- Watson, G. D. 2012. *Pharmaceutical Analysis: A textbook for pharmacy students and pharmaceutical chemists*. Churchill Livingstone: Elsevier. London.
- Weinberg, B. A., dan Bonnie, K. B. 2010. *The Miracle of Caffeine : Manfaat Tak*

Terduga Kafein Berdasarkan Penelitian Paling Mutakhir. PT Mizan Pustaka. Bandung.

Wold, S., Sjöström, M., and Eriksson, L. 2001. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 58:109–130.

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 Kemasan Melalui Perlakuan Pemanasan pada Spektrometer IR*. UPI. Bandung.

Yulia, M., Iriani, R., Suhandy, D., Waluyo, S., dan Sugianti, C. 2017. Studi Penggunaan Uv-Vis Spectroscopy Dan Kemometrika Untuk Mengidentifikasi Pemalsuan Kopi Arabika Dan Robusta Secara Cepat. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 6(1): 43–52.