

**KLASIFIKASI TIGA JENIS KOPI BUBUK (LAMPUNG, LANANG,
PAGAR ALAM) SECARA *INTACT* MENGGUNAKAN *FLUORESCENCE*
SPECTROSCOPY PORTABEL**

(SKRIPSI)

Oleh

ZAKI RAMADHAN

2014071051



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

ABSTRAK

KLASIFIKASI TIGA JENIS KOPI BUBUK (LAMPUNG, LANANG, PAGAR ALAM) SECARA *INTACT* MENGGUNAKAN *FLUORESCENCE* *SPECTROSCOPY* PORTABEL

Oleh

Zaki Ramadhan

Indonesia terkenal dengan penghasil kopi terbesar di dunia, namun sulit untuk memastikan bahwa kopi spesialti dari satu daerah berbeda dengan kopi spesialti dari daerah lainnya, dikarenakan cita rasa yang hampir mirip, sehingga sulit untuk dibedakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah ini dengan mengklasifikasikan tiga jenis kopi bubuk, yaitu Kopi Lampung biasa (LP), Kopi Lampung Lanang (*peaberry*) (LN), dan Kopi Pagar Alam biasa (PA), secara utuh (*intact*) menggunakan instrumen *LED-based Fluorescence Spectroscopy* portabel yang dikombinasikan dengan metode kemometrika. Data spektrum yang terkumpul dianalisis menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA) pada perangkat lunak *The Unscrambler*. Hasil analisis menunjukkan bahwa model klasifikasi terbaik dicapai menggunakan data pretreatment. Klasifikasi antara Kopi Lampung (LP) dengan Kopi Lanang (LN) menggunakan *Smoothing Moving Average 5 Segment* menghasilkan akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas 100%, serta *error* 0%. Begitu pula dengan klasifikasi Kopi Lampung (LP) dengan Kopi Pagar Alam (PA) menggunakan *MSC + Moving Average 7 Segment* yang menghasilkan akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas 100%, serta *error* 0%. Hal ini menunjukkan bahwa

sampel yang hanya memiliki satu pembeda (jenis yang sama tetapi berbeda jenis biji, atau jenis biji yang sama tetapi berbeda asal) lebih mudah diklasifikasikan. Sebaliknya, klasifikasi antara Kopi Lanang (LN) dengan Kopi Pagar Alam (PA) yang memiliki dua pembeda (berbeda jenis biji dan berbeda asal) lebih sulit diklasifikasikan, dengan akurasi 65,9%, spesifisitas 78,6%, sensitivitas 60,0%, dan error 34,1% menggunakan *MSC + Moving Average 7 Segment*. Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa teknologi LED-based *Fluorescence Spectroscopy* portabel dengan metode SIMCA efektif untuk mengklasifikasikan kopi spesialti jenis Robusta (LP, LN, dan PA) berdasarkan spektrumnya, terutama untuk pasangan kopi yang memiliki satu pembeda karakteristik.

Kata kunci: Spektroskopi fluoresensi, kopi spesialti, SIMCA, PCA, kemometrika

ABSTRACT

INTACT CLASSIFICATION OF THREE TYPES OF GROUND COFFEE (LAMPUNG, LANANG, PAGAR ALAM) USING PORTABLE FLUORESCENCE SPECTROSCOPY

BY

Zaki Ramadhan

Despite Indonesia being renowned as one of the world's largest coffee producers, it remains challenging to definitively distinguish one specialty coffee from another based on origin, primarily due to their very similar flavor profiles. This study aims to address this problem by classifying three types of ground Robusta coffee namely regular Lampung Coffee (LP), Lampung Peaberry Coffee (Lanang) (LN), and regular Pagar Alam Coffee (PA) in their intact form using a portable LED-based Fluorescence Spectroscopy instrument combined with chemometric methods. The collected spectral data were analyzed using Principal Component Analysis (PCA) and Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA) within The Unscrambler software. The analysis results indicate that the best classification model was achieved using pretreatment data. Specifically, the classification between Lampung Coffee (LP) and Lanang Coffee (LN) using the Smoothing Moving Average 5 Segment method yielded an accuracy, sensitivity, and specificity of 100%, and an error of 0%. A similar result was obtained for the classification between Lampung Coffee (LP) and Pagar Alam Coffee (PA) using MSC + Moving

Average 7 Segment, which also resulted in an accuracy, sensitivity, and specificity of 100%, and an error of 0%. This suggests that samples possessing only one distinguishing factor (same type but different bean type, or same bean type but different origin) are easier to classify. Conversely, classification between Lanang Coffee (LN) and Pagar Alam Coffee (PA), which possess two distinguishing factors (different bean type and different origin), proved more challenging, yielding an accuracy of 65.9%, a specificity of 78.6%, a sensitivity of 60.0%, and an error of 34.1% using MSC + Moving Average 7 Segment. Overall, this research concludes that portable LED-based Fluorescence Spectroscopy technology with the SIMCA method is effective for the spectral classification of specialty Robusta coffee varieties (LP, LN, and PA), particularly for coffee pairs exhibiting only one distinguishing characteristic."

Keywords: Fluorescence spectroscopy, specialty coffee, SIMCA, PCA, chemometrics

**KLASIFIKASI TIGA JENIS KOPI BUBUK (LAMPUNG, LANANG,
PAGAR ALAM) SECARA *INTACT* MENGGUNAKAN *FLUORESCENCE*
SPECTROSCOPY PORTABEL**

Oleh

Zaki Ramadhan

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat mencapai gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

Judul Skripsi

: **KLASIFIKASI TIGA JENIS KOPI BUBUK
(LAMPUNG, LANANG, PAGAR ALAM)
SECARA *INTACT* MENGGUNAKAN
FLUORESCENCE SPECTROSCOPY
PORTABEL**

Nama Mahasiswa

: **Zaki Ramadhan**

Nomor Pokok Mahasiswa

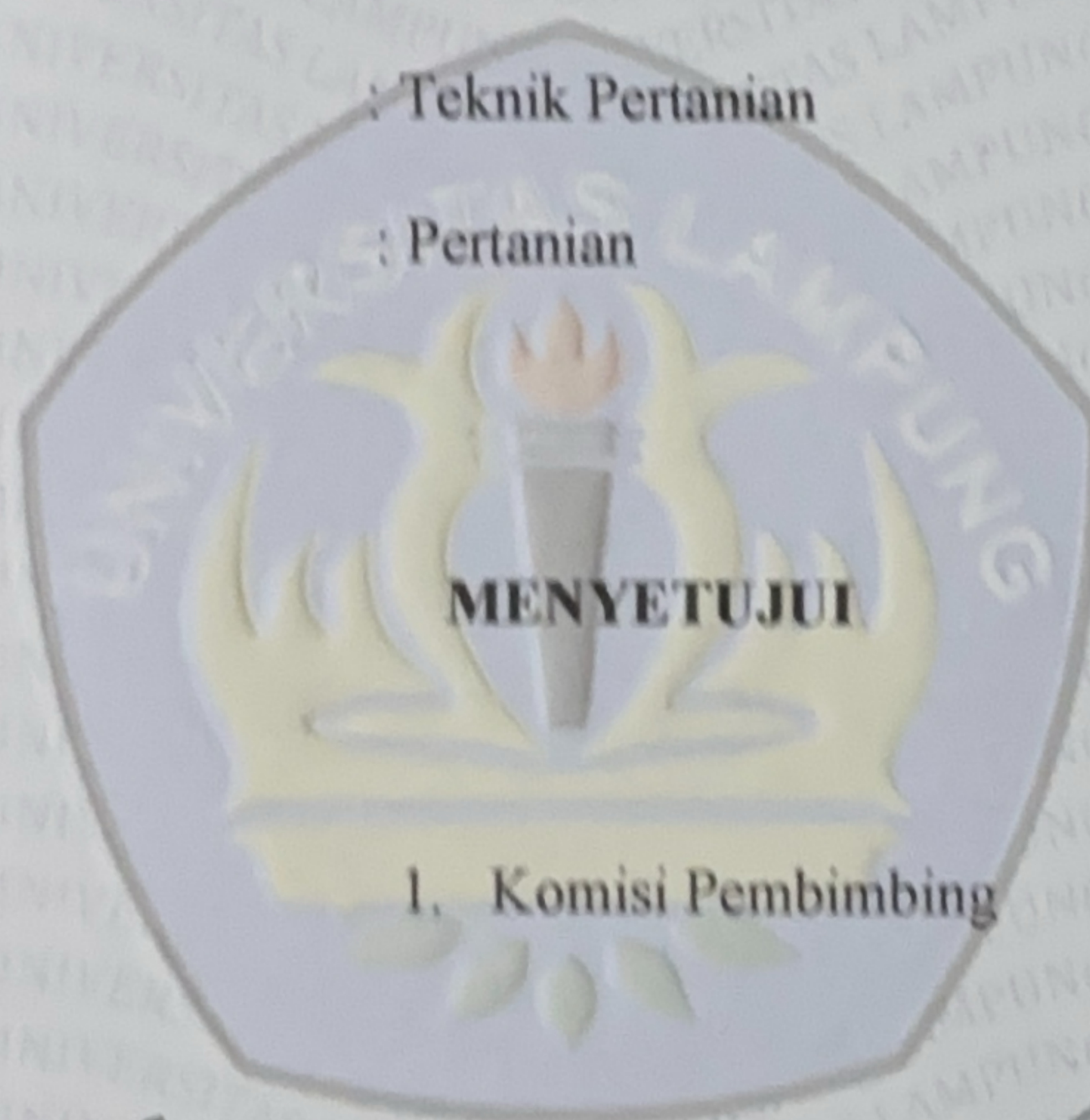
: 2014071051

Program Studi


: Teknik Pertanian

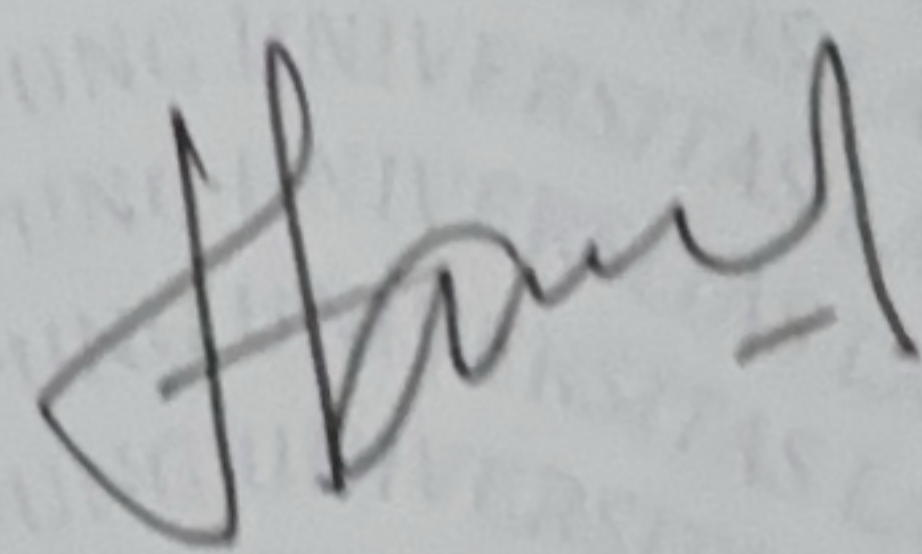
Fakultas

: Pertanian

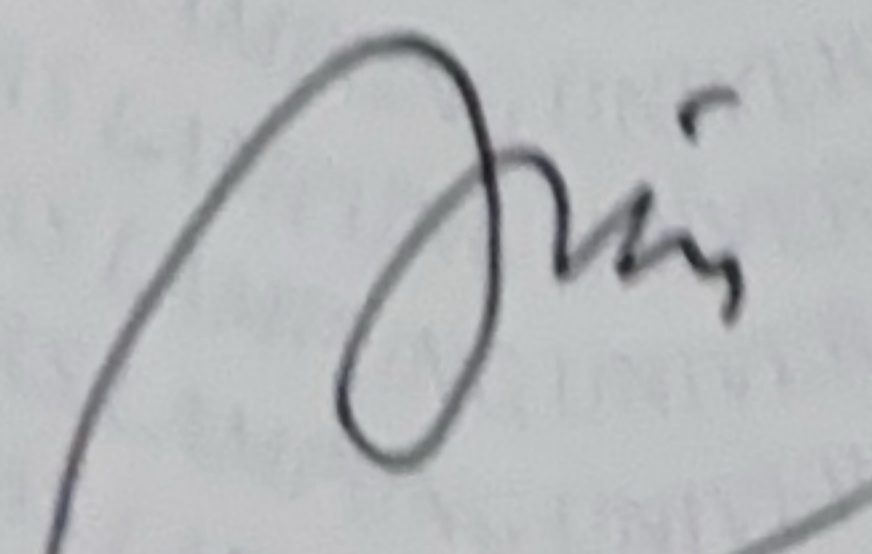


1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.T.P., M.Agr
NIP. 197803032001121001


Dr. Ir. Tamrin, M. S.
NIP. 196212311987031030

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


Prof. Dr. Ir. Warji, S.T.P., M.Si., IPM
NIP. 197801022003121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr.Agr.Sc. Diding Suhandy, S.T.P., M.Agr

Sekretaris : Dr. Ir. Tamrin, M.S.

Penguji
Bukan Pembimbing : Cicih Sugianti S.TP, M.Si, Ph.D

2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 8 Agustus 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Zaki Ramadhan** dengan NPM **2014071051**, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, **1) Prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.T.P., M.Agr.** dan **2) Dr. Ir. Tamrin, M.S.** berdasarkan padapengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dariplagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Juni 2025
Yang membuat pernyataan,



Zaki Ramadhan
NPM. 2014071051

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di, Kelurahan Yosorejo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro, Provinsi Lampung pada tanggal 6 Desember 2001. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Bujang dan Ibu Siti. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 6 Metro Utara dan lulus pada tahun 2014.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Ma'arif 5 Metro dan lulus pada tahun 2017 serta pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) diselesaikan di SMK Negeri 4 Metro, jurusan Multimedia pada tahun 2019.

Penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui seleksi SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Penulis turut berkontribusi dalam organisasi mahasiswa, di mana ia menjabat sebagai anggota Bidang Informasi dan Komunikasi pada Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) selama tahun akademik 2022.

Pada awal tahun 2023, penulis berpartisipasi dalam Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 selama 40 hari, yaitu dari 07 Januari hingga 12 Februari. Kegiatan KKN ini dilaksanakan di Pekon Kenali, Kecamatan Belalau, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Setelah itu, dari Juni hingga Agustus 2023, penulis melanjutkan dengan Praktik Umum (PU) di Kabupaten Bantul, Provinsi Yogyakarta. Praktik ini berfokus pada topik "*Mempelajari Cara Pemanenan Hingga Pemasaran Bawang Merah (Allium Cepa L. Var. Aggregatum) di Lahan Pasir Kelompok Tani Manunggal*", bertempat di Kelompok Tani Lahan Pasir Manunggal.

Persembahkan

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam setiap langkah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini

Karya ini ku persembahkan untuk :

Kedua Orang Tua

Ayahku Bujang dan Ibuku Siti yang telah selalu mengupayakan segala yang dimiliki baik berupa materi, tenaga, pikiran serta doa demi keberhasilanku

Keluargaku

Adikku Zalfa Aliyah Salsa Bila dan Zakaria Abdul Jabbar, serta keluarga besarku yang selalu memberikan doa, dukungan, materi dan semangat yang tiada henti.

Serta

“Kepada Almamater Tercinta”

Teknik Pertanian Universitas Lampung 2020

SANWACANA

Berkat rahmat dan hidayah Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Puji syukur kepada-Nya, dan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW. yang syafaatnya senantiasa kita harapkan. Skripsi ini, yang mengusung judul "**Klasifikasi Tiga Jenis Kopi Bubuk (Lampung, Lanang, Pagar Alam) Secara Intact Menggunakan Fluorescence Spectroscopy Portabel**", merupakan prasyarat wajib untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) dari Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis ingin menggunakan kesempatan ini untuk menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah berperan aktif melalui bantuan, dukungan, doa, serta bimbingan dan arahan yang krusial. Adapun ucapan terima kasih ini ditujukan kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung telah menyediakan fasilitas kampus yang memadai untuk menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian yang telah membantu dalam administrasi skripsi.
3. Prof.Dr. Ir. Warji, S.T.P., M.Si., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr., selaku Dosen Pembimbing Utama sekaligus Pembimbing Akademik (PA) penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Pertanian, yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, menyemangati dan memberikan saran dalam proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

6. Bapak Dr. Ir. Tamrin, M.S., selaku pembimbing kedua penulis yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini, serta motivasi dan dukungannya selama penulis menempuh pendidikan ini.
7. Ibu Cicih Sugianti S.TP., M.Si., P.hD., selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sebagai perbaikan selama penulis menyusun skripsi ini.
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya.
9. Kedua orang tuaku Bapak Bujang dan Ibu Siti, Adikku Zalfa Aliyah Salsabila, Zakaria Abdul Jabbar serta seluruh keluarga besar atas semua doa, kasih sayang, dukungan dan nasihat yang telah diberikan. Terima kasih banyak.
10. Teman-teman seperjuangan skripsi Budi, Fitria, Tirta, Pipit, dan Gustuty atas kerjasamanya selama penelitian berlangsung.
11. Teman-teman seperjuangan Ivanka, Panca, dan Tegar, yang telah membantu dan kebersamai penulis selama proses penulisan skripsi ini
12. Teman-teman seperjuangan Teknik Pertanian 2020 yang telah memberikan semangat, dukungan dan bantuannya selama menempuh pendidikan.
13. Teman-teman kos Bang Joel, Danu, Regita, Essa, Disa, Sabil yang telah memberikan semangat kepada penulis

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan Bapak, Ibu, serta rekan-rekan yang telah membantu, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat di masa yang akan datang. Aamiin.

Bandar Lampung, Juli 2025

Zaki Ramadhan
NPM. 2014071051

DAFTAR ISI

| | <i>Teks</i> | Halaman |
|---|-------------|---------|
| DAFTAR ISI | | i |
| DAFTAR TABEL | | iii |
| DAFTAR GAMBAR | | vi |
| I. PENDAHULUAN | | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah | | 4 |
| 1.6 Hipotesis | | 5 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | | 6 |
| 2.1 Kopi | | 6 |
| 2.2 Kopi Robusta | | 7 |
| 2.3 Kopi Lanang | | 7 |
| 2.4 Kopi Lampung | | 8 |
| 2.5 Kopi Pagar Alam | | 9 |
| 2.5 <i>LED-Based Fluorescence Spectroscopy Portable</i> | | 9 |
| 2.6 Kemometrika | | 11 |

| | |
|---|----|
| 2.7 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) | 11 |
| 2.8 <i>Soft Independent Modeling of Class Analogy</i> (SIMCA) | 12 |
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 13 |
| 3.1 Waktu dan Tempat | 13 |
| 3.2 Alat dan Bahan..... | 13 |
| 3.3 Prosedur Penelitian | 13 |
| 3.3.1 Persiapan Alat..... | 14 |
| 3.3.2 Persiapan Bahan | 14 |
| 3.3.2 Pengambilan Data Spektra..... | 16 |
| 3.4 Analisis Data..... | 17 |
| 3.4.1 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)..... | 17 |
| 3.4.2 Pembuatan Model Menggunakan Analisis <i>Soft Independent Modeling of Class Analogy</i> (SIMCA) | 19 |
| 3.4.3 Matriks Konfusi..... | 19 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 21 |
| 4.1. Analisis Spektra Kopi Lampung, Kopi Lanang, dan Kopi Pagar Alam | 21 |
| 4.1.1 Analisis Spektra Kopi Lampung, Kopi Lanang, Kopi Pagar Alam menggunakan data spektra <i>original</i> | 22 |
| 4.1.2 Analisis Spektra Kopi Java Lampung, Kopi Lanang, dan Kopi Pagar Alam Menggunakan Data Spektra <i>Pretreatment</i> | 23 |
| 4.2 Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) | 28 |
| 4.2.1 Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) Menggunakan Data <i>Original</i> | 28 |
| 4.2.2 Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) Menggunakan Data <i>Pretreatment</i> | 31 |

| | |
|---|----|
| 4.3. <i>Model Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)</i> | 35 |
| 4.3.1 <i>Model Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)</i> Menggunakan Data Spektra <i>Original</i> | 35 |
| 4.3.2 <i>Model Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)</i> Menggunakan Data Spektra <i>Pretreatment Smoothing Moving</i> <i>Average 5 segment</i> | 37 |
| 4.3.3 <i>Model Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)</i> Menggunakan Data Spektra <i>Pretreatment MSC + Moving</i> <i>Average 7 Segment</i> | 39 |
| 4.4 <i>Klasifikasi Menggunakan Sampel Prediksi</i> | 40 |
| 4.4.1 <i>Klasifikasi Menggunakan Data Original</i> | 41 |
| 4.4.2 <i>Klasifikasi Menggunakan Data Pretreatment</i> | 43 |
| 4.5 <i>Coomans Plot</i> | 46 |
| 4.5.1 <i>Coomans Plot Menggunakan Data Spektra Original</i> | 46 |
| 4.5.2 <i>Coomans Plot Data Spektra Pretreatment</i> | 48 |
| 4.6 <i>Kurva Receiver Operating Characteristic (ROC)</i> | 50 |
| 4.6.1. <i>Kurva Receiver Operating Characteristic (ROC) Menggunakan</i> <i>Data Original</i> | 51 |
| 4.6.2 <i>Kurva ROC Menggunakan Data Pretreatment</i> | 54 |
| V. KESIMPULAN | 58 |
| 5.1 <i>Kesimpulan</i> | 58 |
| 5.2 <i>Saran</i> | 58 |
| DAFTAR PUSTAKA | 59 |
| LAMPIRAN | 63 |

DAFTAR TABEL

| Teks | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1. Kode Sampel dan Bahan Sampel | 15 |
| Tabel 2. Matriks Konfusi..... | 20 |
| Tabel 3. Hasil Perhitungan Matriks Konfusi Serta Nilai PC Pada Sampel Kopi Lampung (LP) dan Kopi Lanang (LN) Menggunakan Beberapa Kombinasi <i>Pretreatment</i> | 24 |
| Tabel 4. Hasil Perhitungan Matriks Konfusi Serta Nilai PC Pada Sampel Kopi Lampung (LP) dan Kopi Pagar Alam (PA) Menggunakan Beberapa Kombinasi <i>Pretreatment</i> | 25 |
| Tabel 5. Hasil Perhitungan Matriks Konfusi Serta Nilai PC Pada Sampel Kopi Pagar Alam (PA) dan Kopi Lanang (LN) Menggunakan Beberapa Kombinasi <i>Pretreatment</i> | 25 |
| Tabel 6. Matrik Konfusi Model SIMCA LP Dengan Model SIMCA LN Menggunakan Data Original | 41 |
| Tabel 7. Matrik Konfusi Model SIMCA LP Dengan Model SIMCA PA Menggunakan Data Original | 42 |
| Tabel 8. Matrik Konfusi Model SIMCA PA Dengan Model SIMCA LN Menggunakan Data Original | 43 |
| Tabel 9. Matrik Konfusi Model SIMCA LP Dengan Model SIMCA LN Menggunakan Data <i>pretreatmen Smoothing Moving Average</i> <i>5 segment</i> | 44 |

| | |
|--|----|
| Tabel 10. Matrik Konfusi Model SIMCA LP Dengan Model SIMCA PA Menggunakan Data <i>pretreatmen MSC + Moving Average</i> <i>7 Segment</i> | 44 |
| Tabel 11. Matrik Konfusi Model SIMCA PA Dengan Model SIMCA LN Menggunakan Data <i>pretreatmen MSC + Moving Average</i> <i>7 Segment</i> | 45 |
| Tabel 12. Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi LP dan LN Menggunakan Data <i>Original</i> pada Beberapa Level Signifikansi..... | 51 |
| Tabel 13. Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi LP dengan PA Menggunakan Data <i>Original</i> pada Beberapa Level Signifikansi..... | 52 |
| Tabel 14. Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi PA dengan LN Menggunakan Data <i>Original</i> pada Beberapa Level Signifikansi..... | 53 |
| Tabel 15. Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi LP dengan LN Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving</i> <i>Average 5 Segment</i> | 55 |
| Tabel 16. Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi LP dengan PA Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving</i> <i>Average 7 Segment</i> | 56 |
| Tabel 17. Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi PA dengan LN Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 7</i> <i>Segment</i> | 57 |
| <i>Lampiran</i> | |
| Tabel 18. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel LP dan LN Data <i>Original</i> | 64 |
| Tabel 19. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel LP dan PA Data <i>Original</i> | 65 |

| | |
|---|----|
| Tabel 20. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel PA dan LN Data | |
| <i>Original</i> | 67 |
| Tabel 21. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel LP dan LN Data | |
| <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment.</i> | 68 |
| Tabel 22. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel LP dan PA Data | |
| <i>Pretreatment MSC + Moving Average 7 Segment</i> | 70 |
| Tabel 23. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel PA dan LN Data | |
| <i>Pretreatment MSC + Moving Average 7 Segment</i> | 71 |

DAFTAR GAMBAR

| Teks | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1. <i>Fluorescence Spectroscopy</i> (Sumber GoyaLab) | 10 |
| Gambar 2. Diagram <i>Jablonski</i> | 11 |
| Gambar 3. Diagram Alir Prosedur Penelitian | 14 |
| Gambar 4. Proses Penimbangan Sampel Kopi..... | 15 |
| Gambar 5. Prosedur Pengambilan Data Spektra | 16 |
| Gambar 6. Proses Pengambilan Spektra | 17 |
| Gambar 7. Prosedur Analisis PCA Pada Data Spektra..... | 18 |
| Gambar 8. Sampel Kopi Lampung, Lanang, dan Pagar Alam | 21 |
| Gambar 9. Grafik Rata-Rata Spektra <i>Original</i> | 22 |
| Gambar 10. Grafik Rata-Rata Spektra <i>Smoothing Moving Average 5</i> <i>Segment</i> | 27 |
| Gambar 11. Grafik Rata-Rata Spektra <i>MSC + Smoothing Moving Average 7</i> <i>Segment</i> | 27 |
| Gambar 12. Plot Skor Hasil Analisis PCA Menggunakan Data Original | 29 |
| Gambar 13. Grafik <i>X-Loading</i> Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Original</i> | 30 |
| Gambar 14. Plot Skor Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i> | 31 |
| Gambar 15. Plot Skor Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 7 Segment</i> | 32 |
| Gambar 16. Grafik <i>X-Loading</i> Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i> | 33 |
| Gambar 17. Grafik <i>X-Loading</i> Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 7 Segment</i> | 33 |

| | |
|--|----|
| Gambar 18. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel LP Menggunakan Data <i>Original</i> | 35 |
| Gambar 20. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel PA Menggunakan Data <i>Original</i> | 36 |
| Gambar 21. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel LP Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i> | 37 |
| Gambar 22. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel LN Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i> | 37 |
| Gambar 23. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel PA Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i> | 38 |
| Gambar 24. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel LP Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 7 Segment</i> | 39 |
| Gambar 25. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel LN Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 7 Segment</i> | 39 |
| Gambar 26. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel JV Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 7 Segment</i> | 40 |
| Gambar 27 Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA LP Dengan LN Menggunakan Data <i>Original</i> | 46 |
| Gambar 28 Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA LP Dengan PA Menggunakan Data <i>Original</i> | 47 |
| Gambar 29 Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA PA Dengan LN Menggunakan Data <i>Original</i> | 48 |
| Gambar 31. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA LP dengan PA Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 7 Segment</i> | 49 |
| Gambar 33. Kurva ROC Hasil Klasifikasi LP dengan LN Menggunakan Data <i>Original</i> | 52 |
| Gambar 34. Kurva ROC Hasil Klasifikasi LP dengan PA Menggunakan Data <i>Original</i> | 53 |

| | |
|--|----|
| Gambar 35. Kurva ROC Hasil Klasifikasi PA dengan LN Menggunakan Data <i>Original</i> | 54 |
| Gambar 36. Kurva ROC Hasil Klasifikasi LP dengan LN Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i> | 55 |
| Gambar 38. Kurva ROC Hasil Klasifikasi PA dengan LN Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 7 Segment</i> | 57 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia ada pada peringkat keempat dunia dalam hal produksi kopi, setelah Kolombia, Vietnam, dan Brasil. Di Indonesia, kopi merupakan produk pertanian yang sangat berharga. Akibatnya, produksi kopi menjadi semakin penting bagi masyarakat Indonesia, terutama di dataran tinggi. Kopi merupakan tanaman perkebunan yang vital bagi perekonomian Indonesia, menurut Badan Pusat Statistik (2024). Sekitar 1,86 juta rumah tangga penghasil kopi di Indonesia bergantung pada produk pertanian ini menjadi sumber pemasukan utama mereka. Selain itu, komoditas ini penting untuk meningkatkan keuntungan devisa, menghasilkan bahan baku industri, menciptakan lapangan kerja di industri hilir, mendorong pembangunan daerah, dan menjaga lingkungan. Pada tahun 2023, 280.000 ton ekspor perkebunan berasal dari ekspor kopi. Fakta bahwa kopi merupakan produk penting di Indonesia tercermin dari potensi ekspor kopi.

Tanaman kopi, atau *Coffea*, adalah pohon yang umum ditanam dan merupakan anggota genus *Coffea* dan famili Rubiaceae. Pohon ini dapat tumbuh hingga 12 meter dan tegak bercabang. Namun, sebagian besar jenis yang ditanam memiliki cabang yang pendek dan lebar. *Coffea arabica*, *Coffea Robusta*, dan *Coffea liberica* adalah contoh tanaman kopi (Hamni, *et al* 2013).

Kopi memiliki skor ekonomi yang tinggi dalam ekspor tingkat global. Di Indonesia, tanaman kopi menjadi produk mewah utama yang saat ini mendatangkan devisa negara. Selama hampir 300 tahun, kopi telah ditanam di

Indonesia guna memenuhi permintaan konsumen dalam ataupun luar negeri Hamni (2013). Salah satu kopi jenis kopi yang unik yaitu lanang karena memiliki satu biji (monokotil), yang mana biasanya kopi memiliki dua biji (dikotil). Kopi Lanang (peaberry) dicirikan oleh produksi yang sangat terbatas dan rendemen yang sangat rendah. Sebagai contoh, hasil panen 50 kg biji kopi utuh hanya menyisakan sekitar 800 gram biji kopi lanang setelah proses sortir, yang merupakan proses alami dan tidak dapat diubah. Selain langka, jenis kopi ini memiliki keunggulan sensorik berupa citarasa yang lebih tinggi, aroma yang lebih aromatik, serta rasa yang begitu kaya dibandingkan kopi biasa (non-lanang). Kopi lanang juga dikenal di kalangan masyarakat karena keyakinan dapat meningkatkan vitalitas seksual, meskipun klaim ini baru didukung oleh bukti ilmiah melalui penelitian pada tikus (Wahono, 2016).

Kopi besemah atau Pagar Alam merupakan salah satu tipe kopi yang ada di Indonesia. Kopi Pagar Alam berasal dari daerah Besemah, Pagar Alam, Sumatera Selatan. Daerah Pagar Alam merupakan sentra penghasil kopi sejak zaman dulu yang produksinya sampai Belanda. Kopi ini juga adalah salah satu kopi yang banyak disukai kebanyakan orang karena cita rasanya yang unik dan aromanya yang kuat. Beberapa kopi specialti asal Indonesia memiliki citarasa yang hampir mirip bagi para pecinta kopi. Kopi specialti membantu meningkatkan penjualan bagi bisnis karena menawarkan tingkat keasaman, rasa, dan aroma yang berbeda sesuai standar mereka sendiri. Konsumen akan mendapat nilai tambah dibandingkan dengan produk kopi inovatif lain yang beredar sebelumnya, seperti kopi kaleng, es kopi, dan kopi rasa. Untuk membedakan citarasa kopi yang hampir sama pecinta kopi profesional atau profesional *cupper* yang telah memiliki sertifikat keahlian menggunakan metode evaluasi sensori. Menurut Hayati *et al* (2012)) evaluasi sensorik merupakan metode penilaian yang dilaksanakan oleh manusia dengan memanfaatkan kelima panca indera (mata, hidung, mulut, tangan, dan telinga). Dari hal tersebut, berbagai atribut sensori produk seperti warna, penampilan, bentuk, rasa, dan tekstur dapat dievaluasi.

Berdasarkan penjelasan di atas evaluasi sensori sangat subjektif. Sehingga penilaian dari seorang profesional *cupping* bisa berbeda dengan profesional *cupping* lainnya, Seiring berjalannya kemajuan teknologi sekarang ada teknologi

Spektrofotometri UV-Vis yang dapat membedakan satu jenis kopi dengan jenis kopi lainnya secara objektif serta dapat mendeteksi kandungan yang terdapat di dalam kopi.

Solusi untuk masalah subjektifitas inheren evaluasi sensori melalui Spektrofotometri UV-Vis merupakan teknik analisa yang memanfaatkan panjang gelombang cahaya ultraviolet serta terlihat sebagai zona serapan guna deteksi senyawa. Senyawa yang bisa dianalisa dengan spektroskopi UV-Vis biasanya terdiri dari kromofor dan auksokrom. Secara singkat cara kerja alat ini adalah dengan menembakkan cahaya ke sampel kemudian cahaya akan diteruskan untuk diukur nilai absorbansinya. Alat ini juga pernah digunakan oleh peneliti sebelumnya diantaranya (Nugroho, 2022) (Wahyudi, 2022) (Sihanjaya, 2022). Hanya saja alat ini memiliki beberapa kekurangan diantaranya alat ini bersifat statis (*Benchtop*), alat ini juga harus menggunakan sampel cair yang mana dalam persiapan sampelnya membutuhkan waktu yang lama dikarenakan sampel wajib diekstraksi dahulu, dan pada proses pengambilan data alat ini memakan waktu yang lama (Sahumena *et al*, 2020).

Perkembangan teknologi membuat teknologi UV-Vis semakin berkembang. Teknologi Spektrofotometri UV-Vis yang sebelumnya *benchtop* (statis) mengalami perkembangan menjadi *Fluorescence Spectroscopy Portabel*. Secara singkat cara kerja alat ini adalah dengan menyinari sampel dengan cahaya kemudian sampel akan tereksitasi dan sampel akan memancarkan kembali cahaya untuk diukur nilai fluoresensinya. Alat ini juga memiliki kelebihan diantaranya yaitu menghemat waktu, penggunaan alat lebih mudah, menghemat ruang, dan mobilitas tinggi Sehingga menjadikan alat ini lebih mudah dalam penggunaannya ketika melakukan pengujian pada suatu sampel (dapat digunakan dimana saja).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan penelitian berikut merupakan dengan pesatnya perkembangan dan banyaknya jenis kopi spesialti di Indonesia, klasifikasi kopi menjadi semakin sulit untuk dibedakan orang awam. Indonesia terkenal dengan

penghasil kopi terbesar di dunia, namun sulit untuk memastikan bahwa kopi spesialti dari satu daerah berbeda dengan kopi spesialti dari daerah lainnya, dikarenakan cita rasa yang hampir mirip, sehingga sulit untuk dibedakan. Maka dari itu, perlu adanya klasifikasi kopi spesialti untuk membedakan satu kopi spesialti dengan kopi spesialti lainnya. Oleh karena itu dengan adanya alat ini memudahkan untuk mengklasifikasikan beberapa kopi spesialti asal Indonesia dengan menggunakan *Fluorescence Spectroscopy* Portabel. Karena alat ini mudah digunakan, menghemat waktu, menghemat ruang, dan dapat dipakai di manapun.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari studi berikut ialah guna membedakan tiga kopi khas Indonesia (Lampung, Lanang, Pagar Alam) dengan menggunakan Spektroskopi Fluoresensi portabel dengan menggunakan metode SIMCA. Sebagai analisis proses klasifikasi, kopi spesialti tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian berikut antara lain

1. Untuk memberi pengetahuan pada khalayak umum bahwa untuk membedakan satu jenis kopi dengan yang lainnya bisa dilakukan menggunakan Spektroskopi Fluoresensi portabel.
2. Untuk mengetahui perbedaan tiga kopi menggunakan nilai hasil fluoresensi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada studi berikut ialah proses pengklasifikasian secara *intact* dilaksanakan hanya pada kopi Lampung biasa (LM), kopi Lampung lanang (*peaberry*) (LN), dan kopi Pagar Alam biasa (PA). Penelitian hanya

mengklasifikasikan kopi berdasarkan data spektranya dan tidak dilaksanakan uji kandungan kimia lainnya.

1.6 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian berikut merupakan teknologi *LED-based fluorescence spectroscopy* portabel dapat mengklasifikasikan kopi spesialti jenis Robusta yaitu kopi Lampung biasa (LM), kopi Lampung lanang (*peaberry*) (LN), dan kopi Pagar Alam biasa (PA) berdasarkan spektranya menggunakan metode SIMCA.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

Kopi ialah tanaman yang sudah dibudidayakan secara ekstensif selama berabad-abad. Panggabean (2011) menyatakan bahwa pohon kopi memakan waktu tiga tahun untuk berkembang dari perkecambahan hingga berbunga lalu berbuah. Semua varietas kopi memiliki bunga berwarna putih dengan aroma khas yang tumbuh pada ketiak daun. Buah kopi terdiri atas tiga lapisan, yaitu epikarp, mesokarp, dan endokarp, dengan dua biji di dalamnya dan waktu pematangan sekitar tujuh hingga dua belas bulan. Tanaman kopi termasuk dalam famili *Rubiaceae*, yang juga mencakup genus *Gardenia*, *Ixora*, *Cinchona*, dan *Rubia*. Dari sekitar 70 spesies dalam genus *Coffea*, hanya dua yang banyak dibudidayakan di dunia, yaitu *Coffea arabica* (kopi Arabika) dan *Coffea canephora* var. *Robusta* (kopi Robusta). Berdasarkan Rahardjo (2012), klasifikasi tanaman kopi (*Coffea* sp.) dijelaskan seperti:

| | |
|--------------|--|
| Kingdom | : Plantae (Tumbuhan) |
| Subkingdom | : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh) |
| Super Divisi | : Spermatophyta (Tumbuhan penghasil biji) |
| Divisi | : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga) |
| Kelas | : Magnoliopsida (Tumbuhan berkeping dua/dikotil) |
| Sub Kelas | : Asteridae |
| Ordo | : Rubiales |
| Famili | : Rubiaceae (suku kopi-kopian) |
| Genus | : <i>Coffea</i> |
| Spesies | : <i>Coffe</i> |

Empat jenis kopi terpopuler adalah Arabika, Robusta, Liberika, dan Ekselsa. Kopi Robusta dan Arabika bersifat ekonomis dan banyak diperdagangkan, sedangkan kopi Liberica dan Excelsa kurang ekonomis dan jarang diperdagangkan. Perdagangan kopi dunia sebagian besar berasal dari kopi Robusta dan Arabika. Saat ini sebagian besar pohon kopi di Indonesia merupakan kopi Robusta, 90% dan hanya 10% yang merupakan kopi Arabika.

2.2 Kopi Robusta

Kopi Robusta (*Coffea canephora*) berasal dari berbagai jenis tanaman kopi. Kopi Robusta ialah salah satu jenis kopi yang begitu terkenal dan digemari di Indonesia. Tanaman kopi Robusta lebih mudah dibudidayakan karena daya adaptasinya terhadap dataran rendah, ketahanan terhadap suhu tinggi, dan ketahanan terhadap hama dan penyakit. Akibatnya, luas areal budidaya kopi Robusta di Indonesia melebihi varietas kopi lainnya, yang hanya dapat tumbuh subur pada suhu yang lebih dingin, seperti di dataran tinggi dengan ketersediaan air yang memadai. Biji kopi Robusta biasanya memiliki bentuk bulat dan lebih kecil dibandingkan varietas kopi lainnya. Kopi Robusta memiliki rasa pahit yang kaya (Ariyanti *et al.*, 2019).

2.3 Kopi Lanang

Kopi *peaberry* yang biasa dikenal dengan sebutan “kopi lanang” merupakan hasil mutasi alami kopi, rupanya menyerupai biji kopi utuh (belum dimurnikan). Faktanya, biji kopi tumbuh sekitar setengah ukuran biji kopi. Biji kopi jarang ditemukan karena hanya sekitar 3-5% dari semua biji kopi yang dipanen Meister, (2011). Sedangkan 100 kg biji kopi hanya mengandung sekitar 5 kg biji kopi. Biji kopi *peaberry* bisa dikategorikan ke dalam biji kopi jantan yang mempunyai satu kotiledon (monokotil). Jumlah bijinya tidak terlihat secara kasat mata, namun buahnya harus dikupas terlebih dahulu (Aditya *et al.* 2016).

2.4 Kopi Lampung

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan daerah yang banyak diminati di hampir seluruh kabupaten di Provinsi Lampung. Kabupaten dengan tingkat produksi tertinggi meliputi Lampung Barat, Way Kanan, Tanggamus, dan Lampung Utara. Kabupaten Lampung Barat menyumbang sekitar 36,3% dari total produksi kopi Robusta di provinsi ini, sedangkan jika digabungkan dengan produksi dari Kabupaten Tanggamus, kontribusinya mencapai sekitar 70% dari total produksi kopi Robusta Lampung. Hal ini menunjukkan bahwa Lampung Barat berperan sebagai sentra utama produksi kopi di provinsi tersebut, yang mampu memenuhi kebutuhan pasar domestik maupun ekspor (Virhananda *et al*, 2022).

Di Lampung Barat, sebagai salah satu fasilitas pengolahan kopi, pengolahan kopi primer sebagian besar dilakukan dengan metode tradisional. Penjemuran merupakan metode tradisional dalam pengolahan kopi. Biji kopi yang dipanen dari pohon dikeringkan ataupun dijemur di tanah dengan memanfaatkan panas matahari. Hal berikut berbahaya karena dapat merusak buah kopi akibat infiltrasi tanah, kotoran, dan zat lainnya.

Kualitas bubuk kopi ditentukan oleh kualitas fisik dan kandungan kimianya. Banyak faktor yang memengaruhi konsentrasi senyawa kimia dalam kopi, termasuk tingkat kematangan, lokasi budidaya, penanganan pascapanen, dan metode pengolahan. Kopi Robusta Lampung Barat memiliki konsentrasi kafein yang jauh lebih tinggi dibandingkan kopi Robusta dari lokasi lain. Kopi yang dibudidayakan di dataran tinggi memiliki konsentrasi komponen kimia yang lebih tinggi (Virhananda *et al*, 2022).

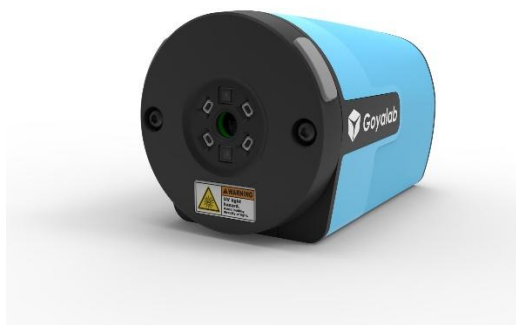
2.5 Kopi Pagar Alam

Kopi Pagar Alam (Besemah) tidak mempunyai Identitas Geografis (IG) karena kopi Semendo adalah satu-satunya kopi Besemah yang memilikinya. Oleh karena itu, keauntentikan kopi Pagar Alam belum tercatat secara sah. Pagar Alam terdiri dari 90% tanaman menghasilkan, 8% tanaman belum menghasilkan, dan 2% tanaman rusak, yang membentuk 3,4% dari luas areal perkebunan rakyat total pada 12 kabupaten/kota di Sum-Sel (Irmeilyana *et al*, 2019).

Kopi Pagar Alam (Besemah) dibuat di perkebunan di berbagai daerah Sum-Sel. Pagar Alam adalah salah satu kopi Besemah terbaik. Kota ini sudah lama menjadi pusat perkebunan kopi yang menghasilkan kopi yang dapat dikirim ke Belanda karena Ratu Belanda Yuliana menyukai rasa kopi Besemah. Sebuah lingkungan perkebunan yang ramah pasti menghasilkan rasa kopi yang lezat (Irmeilyana *et al*, 2019).

2.5 LED-Based Fluorescence Spectroscopy Portable

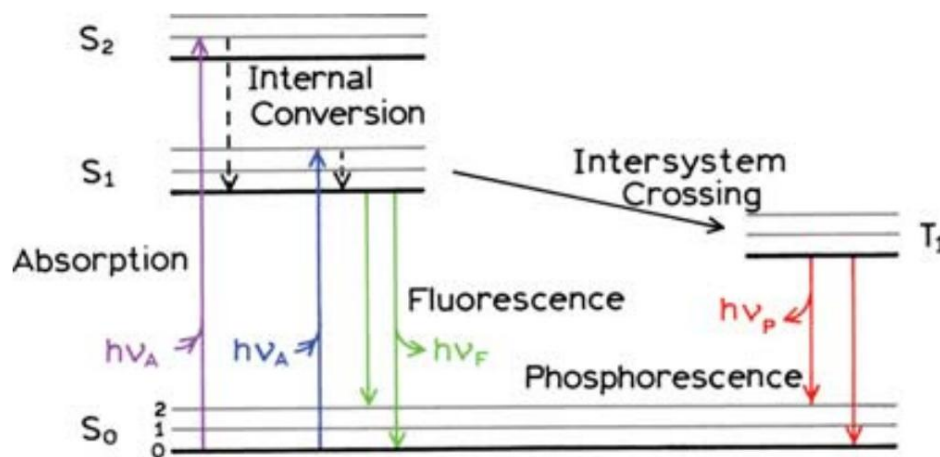
Instrumen yang dikenal sebagai *spectroscopy portable* dapat dimanfaatkan guna mengkalkulasikan serapan ataupun transmisi sampel berdasar pada panjang gelombang radiasi elektromagnetik. Modul inti IndiGo dan modul eksitasi terdiri dari empat LED UVA (365 nm) dan dua LED UVB (300 nm). Spektrum fluoresensi sampel yang tereksitasi oleh LED adalah pada 300 dan 375 nm, dan pada panjang gelombang eksitasi 300-800 nm, dan pada panjang gelombang eksitasi 375 nm, spektrumnya adalah antara 410 dan 700 nm (Naito *et al.*, 2022).



Gambar 1. *Fluorescence Spectroscopy* (Sumber GoyaLab)

Gambar 1 adalah Spektroskopi fluoresensi portabel yang diklasifikasikan dengan kemometrik memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan spektroskopi berbasis laboratorium atau *benchtop*. Beberapa dari kelebihan ini termasuk konsumsi energi yang rendah, pengoperasian yang mudah, waktu akuisisi spektral dan analisis yang cepat, dan keterjangkauan untuk pekerjaan lapangan di negara-negara berkembang (Correia *et al.*, 2018). Untuk pengukuran di tempat, spektrometer portabel menawarkan respons waktu nyata, meningkatkan fleksibilitas pengukuran, dan mengurangi kesalahan pengangkutan sampel. (Santos *et al.*, 2022)

Menurut Diagram *Jablonski* pada Gambar 2, proses fluoresensi dan fosforesensi terjadi ketika atom atau molekul menyerap energi foton, menyebabkan elektron berpindah dari keadaan dasar (S_0) ke tingkat energi tereksitasi (S_1 atau S_2) dalam waktu sangat singkat, kurang dari satu pikodetik. Dalam waktu singkat, sekitar 10-1 nanodetik, atom tersebut mengalami konversi internal atau relaksasi cepat, turun ke tingkat energi tereksitasi terendah S_1 . Setelah mencapai S_1 , atom kemudian kembali ke tingkat energi dasar sambil melepaskan energi yang setara dalam bentuk cahaya, yang dikenal sebagai emisi fluoresensi spektrum lebar. Energi atom akan terus berkurang seiring waktu hingga kembali sepenuhnya ke keadaan dasar. (Lakowicz, 2006).

Gambar 2. Diagram *Jablonski*

2.6 Kemometrika

Dalam penerapannya, kemometrik menggunakan analisis data multivariat untuk mengolah data yang memiliki banyak variabel. Kemometrika adalah disiplin ilmu akuisisi data yang menggunakan metodologi matematika dan statistik.

Kemometrika digunakan guna mengumpulkan dan memeriksa protokol multivariat, mengkalibrasi dan memodelkan proses, mengidentifikasi pola, mengklasifikasikan, memperbaiki, dan mengompresi sinyal, serta mengatur proses statistik. Untuk mengevaluasi senyawa dengan profil spektra tumpang tindih, teknik kemometrika berfungsi dengan baik (Lorenza *et al*, 2021).

2.7 Principal Component Analysis (PCA)

Merupakan teknik penyederhanaan data yang menggunakan transformasi linier guna membuat sistem koordinat baru yang memiliki banyak variansi tetapi tanpa menghilangkan karakteristik data secara signifikan (Ardiansyah, 2013). Mungkin ada ratusan bahkan ribuan variabel yang dapat memengaruhi perbedaan dalam sampel, tetapi PCA dapat menemukan pola sampel, mengidentifikasi variabel yang menyebabkan perbedaan, dan menentukan apakah variabel-variabel tersebut

saling bebas atau berhubungan satu sama lain. Jika sampel memiliki nilai yang sama serta terletak di lokasi yang sama, sampel tersebut dianggap mirip. Jika nilainya berbeda, sampel tersebut dianggap berbeda. Komponen model atau PC berhubungan satu sama lain dalam sumbu koordinat PCA. Variasi data yang lebih besar dijelaskan oleh PC-1 daripada PC-2, dan seterusnya (Suhandy dan Yulia, 2019)

2.8 *Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)*

Kekuatan diskriminasi dan klasifikasi sampel diuji melalui teknik analisis multivariat terawasi yang disebut SIMCA. Sampel dimasukkan ke dalam kelas yang ada dengan menggunakan SIMCA (Yulia *et al*, 2017). Namun, menurut (Sugianti *et al*. 2016), SIMCA (*soft independent model of class analogy*) merupakan salah satu metode kemometrik yang digunakan guna pengenalan pola. Metode diskriminasi berbasis PCA (analisis komponen utama). Metode ini sangat efektif dalam mengautentikasi produk yang memiliki nilai X yang sangat berbeda. Sebaliknya, pendekatan yang didasarkan pada perbedaan antar kelas akan lebih disukai ketika sinyalnya sangat dekat, SIMCA dibuat dan diawasi untuk sampel yang tidak diketahui dalam berbagai kelas. (Suhandy *et al*, 2018). Tabel pengelompokan (klasifikasi) adalah output (keluaran) dari SIMCA; sampel yang dikelompokkan dapat masuk ke dalam satu kelas, beberapa (dua atau lebih) kelas, ataupun tidak terkategori ke dalam kelas manapun (Nurchahyo, 2015).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Studi berikut dilaksanakan di bulan November 2024 berlokasi pada Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen Pertanian (Lab. RBPP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

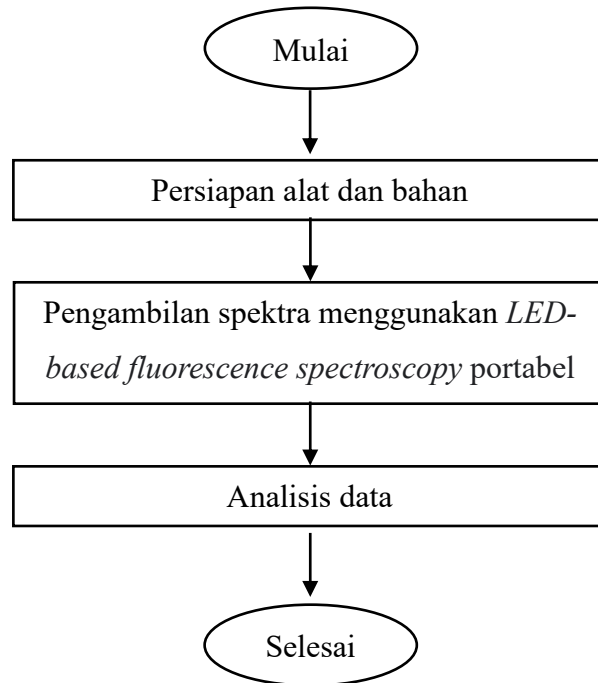
3.2 Alat dan Bahan

Alat yang dimanfaatkan pada studi ini antara lain toples, timbangan digital, *aluminium foil*, *mesh no.40 opening 0,419 mm*, *grinder coffee*, botol semprot, tisu, *Flourescence Spectroscopy portable* (GoyaLab, *Flourescence Spectroscopy*), dan computer. Bahan yang dimanfaatkan dalam studi berikut antara lain kopi Robusta Lanang, kopi Robusta Lampung dan kopi Robusta Pagar Alam

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengklasifikasikan kopi Lanang, kopi Lampung, dan jenis kopi lainnya menggunakan *Fluorescence Spectroscopy Portable*. Proses penelitian mencakup beberapa tahapan, yaitu penggilingan biji kopi, pengayakan, penimbangan sampel, pengambilan spektra menggunakan alat *Fluorescence Spectroscopy Portable*, pembuatan serta pengujian model, dan

diakhiri dengan analisis terhadap data yang diperoleh. Seperti pada Gambar 3 di bawah ini



Gambar 3. Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Alat

Sebelum dan selama penelitian berlangsung, instrumen yang akan dimanfaatkan diperiksa secara cermat untuk memastikan efektivitas operasionalnya.

Ketersediaan alat yang dibutuhkan untuk penelitian ini sangat penting, karena integritas dan kondisinya menjamin kelancaran pelaksanaan kegiatan penelitian..

3.3.2 Persiapan Bahan

Adapun untuk tahapan dalam persiapan bahan yaitu:

1. Penggilingan

Penggilingan kopi bertujuan guna menghaluskan biji kopi. Alat yang digunakan untuk proses penggilingan kopi adalah Sayota dengan daya 180 watt, penggilingan membutuhkan waktu 5 menit untuk mengubah biji kopi menjadi serbuk

2. Pengayakan

Pengayakan dilaksanakan guna memperoleh kopi yang halus dengan ukuran yang seragam. Proses pengayakan dilakukan dengan memanfaatkan ayakan *Tyler Meinzer II* dengan alat *mesh* no.40 dengan ukuran jaring 0.419 mm.

3. Penimbangan

Proses penimbangan sampel kopi sebanyak 1 gram pada setiap sampel serta setiap ulangan untuk menghasilkan berat bobot yang sama. Proses penimbangan dapat dilihat dalam Gambar 4. Untuk penomoran sampel dan bahan sampel ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kode Sampel dan Bahan Sampel

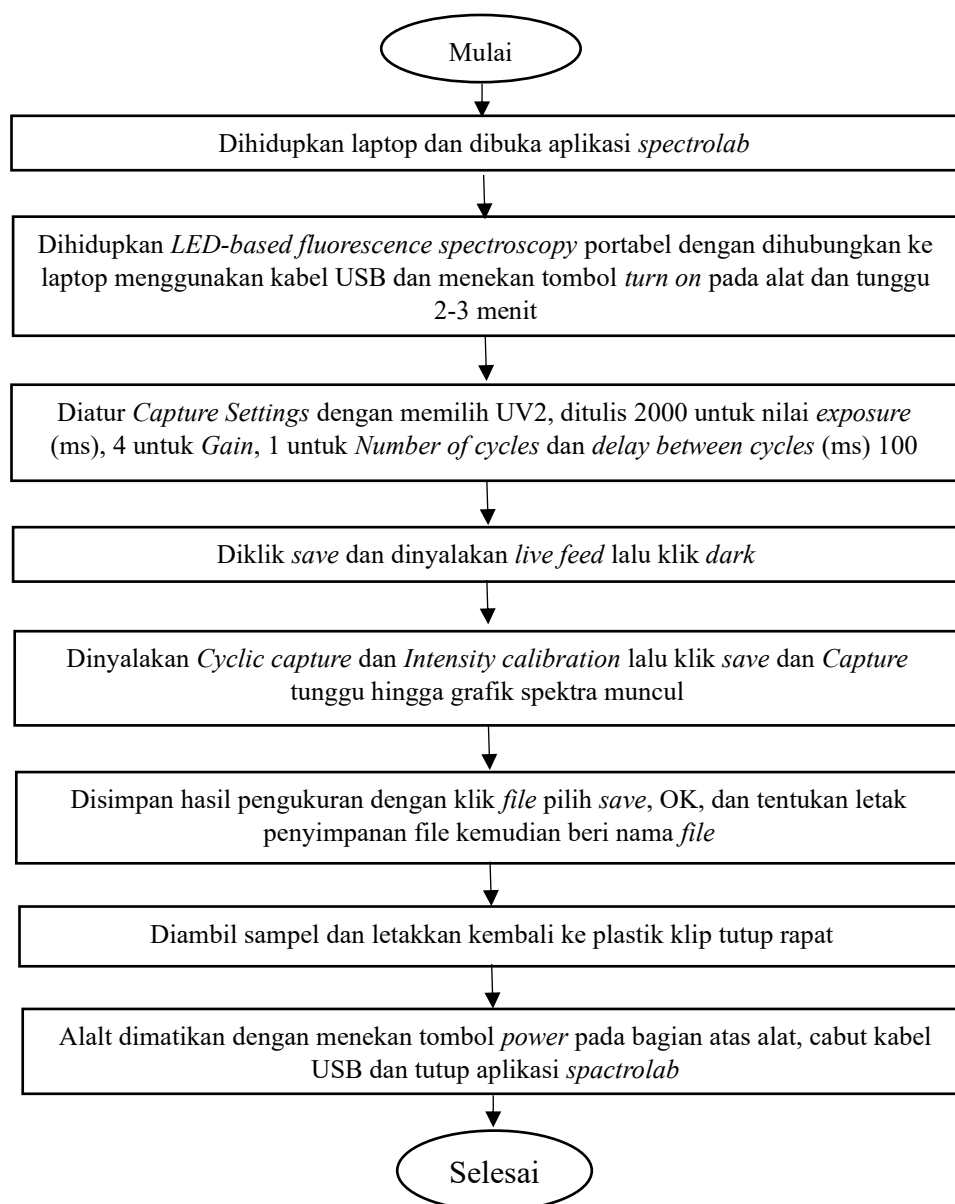
| Kode Sampel | Jumlah | Bahan |
|-------------|--------|------------|
| LP 1-80 | 80 | Lampung |
| LN 1-80 | 80 | Lanang |
| PA 1-80 | 80 | Pagar Alam |



Gambar 4. Proses Penimbangan Sampel Kopi

3.3.2 Pengambilan Data Spektra

Sampel yang sudah selesai disiapkan selanjutnya dilakukan pengukuran dengan mengambil satu sampel yang berada dalam alumunium foil yang berisi 1 gram sampel kopi bubuk dan meletakkannya di holder yang tersedia, kemudian padatkan kopi bubuk pada holder kemudian diukur spektranya. Langkah-langkah pengambilan spektra bisa diperhatikan pada Gambar 5 dan Gambar 6 di bawah ini:



Gambar 5. Prosedur Pengambilan Data Spektra



Gambar 6. Proses Pengambilan Spektra

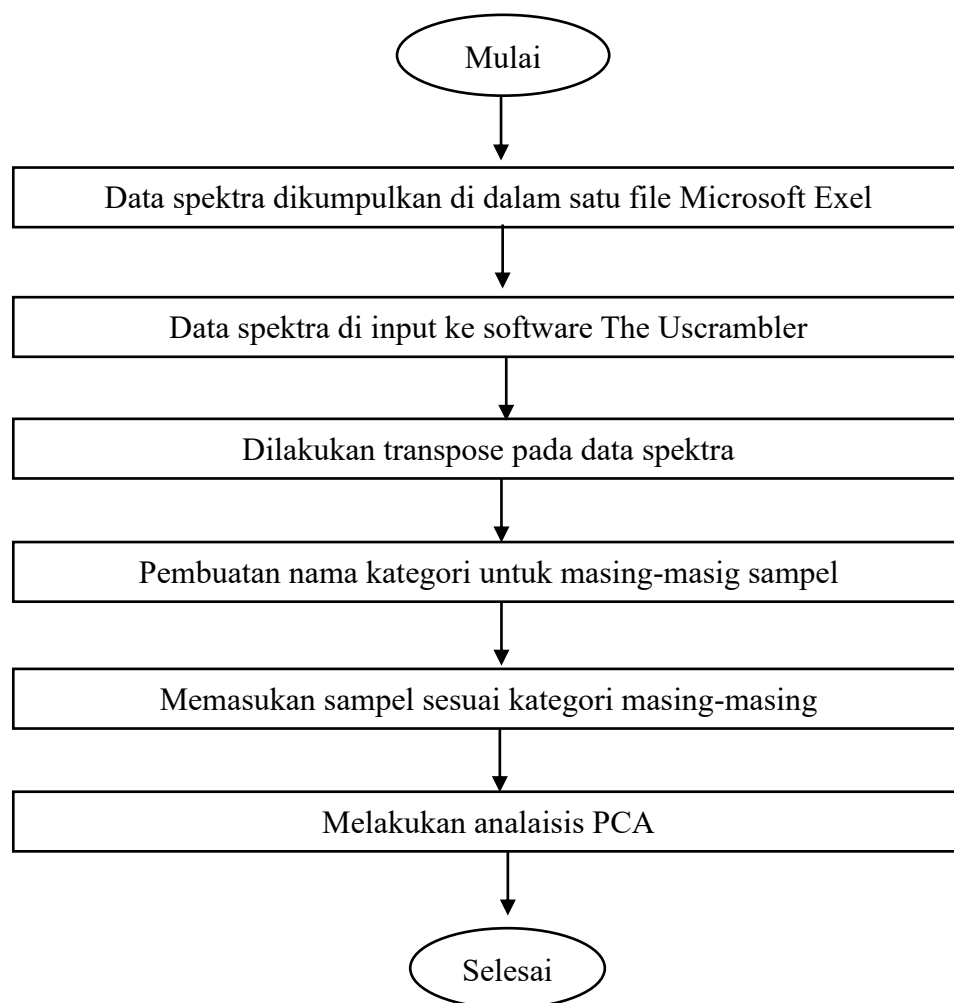
3.4 Analisis Data

Untuk mengidentifikasi pola pada data sampel, analisis data komprehensif diperlukan. Proses pengolahan dan analisis data penelitian berikut memanfaatkan perangkat lunak The Unscrambler versi 10.4. Metode kemometrika yang diaplikasikan meliputi *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA). Data spektra kopi diolah dengan menggabungkannya ke dalam satu file Microsoft Excel sebelum dimasukkan ke dalam Unscrambler. Dalam analisis ini, tiga jenis sampel digunakan: sampel kalibrasi guna pengembangan model SIMCA, sampel validasi guna memverifikasi model, serta sampel prediksi guna pengujian akhir model.

3.4.1 *Principal Component Analysis* (PCA)

Principal Component Analysis atau Analisis Komponen Utama, juga dikenal sebagai PCA, merupakan analisis *multivariate* yang mengubah data spektra menjadi variabel baru yang tidak berhubungan dari variabel awal yang berkorelasi satu sama lain. Ini dicapai dengan mengurangi jumlah variabel yang terlibat sehingga ukurannya menjadi lebih kecil, tetapi tetap dapat mencakup sebagian besar keragaman dari variabel awal (Rumus Statistik, 2021).

Data intensitas fluoresensi dari *Portable LED-Based Fluorescence Spectroscopy* diambil dari kopi Lampung, Lanang, dan Pagar Alam, kemudian dikumpulkan pada satu file Microsoft Excel dan dianalisa dengan memanfaatkan aplikasi The Unscrambler 10.4. Proses analisis dimulai dengan mengimpor data Excel ke dalam aplikasi, diikuti dengan langkah transformasi data melalui fungsi transpose. Sebelum melakukan analisis *Principal Component Analysis* (PCA), kategori pada jenis kopi perlu dibuat dengan mengisi nama kategori untuk masing-masing jenis kopi. Setelah kategori ditentukan, sampel dimasukkan ke dalam kategori yang sesuai, dan data dikelompokkan berdasarkan kategori dan variabel. Akhirnya, analisis PCA dilaksanakan dengan memilih menu yang sesuai dan mengatur jumlah data validasi pada sampel. Gambar 7 adalah prosedur analisis PCA



Gambar 7. Prosedur Analisis PCA Pada Data Spektra

3.4.2 Pembuatan Model Menggunakan Analisis *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA)

Model SIMCA (*Soft Independent Modeling of Class Analogy*) dikembangkan sebagai langkah berikutnya setelah hasil diskriminasi yang dihasilkan oleh PCA (*Principal Component Analysis*) telah diterima. Tujuan SIMCA adalah untuk menguji kemampuan pemisahan data (diskriminasi) dan melakukan klasifikasi sampel ke dalam kelas-kelas yang didefinisikan. Dasar operasional SIMCA terletak pada pembuatan model PCA terpisah untuk setiap kelas yang diinginkan, lalu kemudian mengklasifikasikan sampel dengan mengevaluasi kesesuaian sampel tersebut pada setiap model PCA kelas. Hasil utama metode SIMCA adalah tabel klasifikasi yang menggambarkan keanggotaan setiap sampel, yang menunjukkan apakah sampel tersebut termasuk dalam satu kelas, beberapa kelas, atau tidak termasuk dalam kelas mana pun. Sampel kopi guna pengembangan model SIMCA dikategorikan ke dalam tiga kelompok fungsional: sampel kalibrasi untuk konstruksi model; sampel validasi untuk verifikasi model; dan sampel prediksi untuk menilai kinerja akhir model yang dikembangkan.

3.4.3 Matriks Konfusi

Matriks konfusi adalah hasil dari pengklasifikasian sampel hasil pengolahan data metode SIMCA. Matriks konfusi menguji dan memprediksi objek yang tepat dan tidak tepat. Rumus keluaran dari matriks konfusi adalah akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan *error* (Lavine *et al.*, 2009). Pada penelitian ini, matriks konfusi digunakan untuk menghitung nilai keluaran matriks konfusi. Adapun untuk matriks ditunjukkan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Matriks Konfusi

| | Kelas X (Model X) | Kelas Y (Model Y) |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| Kelas X (aktual) | a | b |
| Kelas Y (aktual) | c | d |

Perhitungan:

$$1. \text{ Akurasi (AC)} = \frac{a+d}{a+b+c+d} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

$$2. \text{ Sensitivitas (S)} = \frac{a}{a+c} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

$$3. \text{ Spesifisitas (SP)} = \frac{d}{b+d} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

$$4. \text{ Error} = \frac{b+c}{a+b+c+d} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- a : Sampel Kelas X terklasifikasi benar dan masuk kelas X (*True Positive*)
- b : Sampel Kelas X terklasifikasi salah dan masuk kelas Y (*False Positive*)
- c : Sampel Kelas Y terklasifikasi salah dan masuk kelas X (*False Negative*)
- d : Sampel Kelas Y terklasifikasi benar dan masuk kelas Y (*True Negative*)

Akurasi adalah matriks yang mengukur kinerja model secara keseluruhan, dinyatakan sebagai rasio persentase dari seluruh sampel (meliputi Kelas X dan Y) yang berhasil diklasifikasikan dengan benar; sebaliknya, Nilai *Error* menunjukkan persentase dari sampel keseluruhan yang terklasifikasi secara salah. Untuk menilai kinerja yang lebih spesifik, Sensitivitas merupakan parameter kunci yang menunjukkan kemampuan model untuk secara tepat mengidentifikasi sampel yang merupakan anggota kelas sebagai anggota kelas yang benar (*True Positive Rate*), sedangkan Spesifisitas adalah parameter yang mengukur kemampuan model untuk secara tepat mengklasifikasikan sampel yang *bukan* anggota kelas sebagai bukan anggota kelas secara benar (*True Negative Rate*).

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan evaluasi model SIMCA yang dibangun. Bisa disimpulkan bahwa kopi dari jenis yang sama lebih mudah diklasifikasikan seperti kopi Lampung biasa dengan kopi Lampung lanang dengan nilai akurasi 100%, sensitivitas 100%, spesifisitas 100%, dan eror 0%. Dan kopi yang berbeda asalnya seperti kopi Lampung dengan kopi Pagar Alam juga lebih mudah diklasifikasikan dengan nilai akurasi 100%, sensitivitas 100%, spesifisitas 100%, dan eror 0%.
2. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa sampel yang hanya memiliki satu pembeda seperti kopi Lampung biasa dengan kopi Lampung lanang yang berbeda jenis dan kopi Lampung biasa dengan kopi Pagar Alam yang hanya berbeda asalnya saja dapat lebih mudah diklasifikasikan. Sedangkan sampel yang memiliki dua pembeda seperti kopi Lampung lanang dengan kopi Pagar Alam yang berbeda jenis dan asalnya lebih susah untuk diklasifikasikan dengan nilai akurasi 65.9%, spesifisitas 78.6%, sensitivitas 60%, dan eror 34.1%.

5.2 Saran

Untuk penelitian mendatang, disarankan untuk memperluas riset dengan memanfaatkan variasi jenis kopi yang lebih beragam, seperti kopi Liberika, kopi Luwak, atau varietas lainnya, kemudian bisa dilakukan pencampuran kopi bubuk dengan senyawa lain seperti tepung beras atau tepung jagung untuk mengecek keaslian kopi bubuk. Hal ini bertujuan untuk memperkaya informasi dan menyediakan data pembandingan spektrum dari berbagai jenis kopi yang tersedia di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, I.W., Nocianitri. K. A., Yusrini. N. L. A., 2016. Kajian Kandungan Kafein Kopi Bubuk, Nilai Ph Dan Karakteristik Aroma Dan Rasa Seduhan Kopi Jantan (*Pea Berry Coffee*) Dan Betina (*Flat Beans Coffee*) Jenis Arabika Dan Robusta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 5(1), 1-12
- Ardiansyah, R. F. 2013. *Pengenalan Pola Tanda Tangan dengan Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA)*. (Skripsi). Universitas Dian Nuswantoro. Semarang.
- Ariyanti. W, Suryantini, A, dan Jamhari. 2019. Usaha Tani Kopi Robusta di Kabupaten Tanggamus, *Jurnal Kawistara*, 9(02), 179-191.
<https://doi.org/10.22146/kawistara.40710>
- Belay. A., Kim. H. K., dan Hwang. Y. H. 2016. Binding of caffeine with caffeic acid and chlorogenic acid using fluorescence quenching, UV/vis and FTIR spectroscopic techniques. *Luminescence*, 31(2), 565–572.
<https://doi.org/10.1002/bio.2996>
- Correia. R. M., Domingos, E., Cáo, V. M., Araujo, B. R. F., Sena, S., Pinheiro, L. U., Fontes, A. M., Aquino, L. F. M., Ferreira, E. C., Filgueiras, P. R., dan Romão, W. 2018. Portable Near Infrared Spectroscopy Applied to Fuel Quality Control. *Talanta*, 176, 26–33.
- De Camargo, A. D. A., et al. 2020. Effect of Roasting on the Chemical Composition of Coffee. *Food Chemistry*, 274, 1-8
- Hamni. A., Akhyar, G., Suryadiwansa, dan Burhanuddin, Y. 2013. Potensi pengembangan teknologi proses produksi kopi Lampung. *Jurnal Mechanical*, 4(1), 45-54. Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Hayati, R., Marliah, A., dan Rosita, F. 2012. Sifat kimia dan evaluasi sensori bubuk kopi arabika [Chemical characteristics and sensory evaluation of Arabica coffee powder]. *J. Floratek*, 7, 66–75.

- Irmeilyana, Ngudiantoro, dan Rodiah, D. 2019. Deskripsi profil dan karakter usaha tani kopi Pagar Alam berdasarkan descriptive statistics dan korelasi. *Jurnal Infomedia*, 4(2), 60
- Lakowicz, J.R. 2006. Principles of Fluorescence Spektroskopi. 3rd Ed. USA: University of Maryland School of Medicine Baltimore.
- Lavine, B. K., Walczak, B., Tauler, R., dan Brown, S. 2009. Comprehensive Chemometric: Chemical and Biochemical Data Analysis. Validation of Classifieirs, 587–599.
- Lorenza, P. N. F. P., Pandhita, A. K., Mahemba, D. N. R. P., Pede, A. P. N., Seran, T. D. G., Setyaningsih, D., Florentinus, D., Riswanto, D. O., dan Florentinus, K. 2021. Pemanfaatan Teknik Kemometrika Pengenalan Pola Pada Analisis Kuantitatif Senyawa Obat Kombinasi Tanpa Tahap Pemisahan. *Media Pharmaceutica Indonesiana*. 3(4), 253-267.
<https://doi.org/10.24123/mpi.v3i4.4719>
- Maister. 2024. <https://www.seriousseats.com/wont-you-be-my-peaberry-what-are-peaberry-coffee-beans>. Diakses pada 20 Agustus 2024.
- Naito, H., Suhandy, D., Morio, Y., dan Murakami, K. 2022. Discrimination between normal coffee beans and peaberries using excitation-emission matrix measured by a hand-held optical system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1024(1), 1-7.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1024/1/012063>
- Nugroho, G, P, 2022. Diskriminasi Kopi Luwak Ternak Dan Kopi Luwak Liar Menggunakan *Uv-Visible Spectroscopy* Dan Metode SIMCA. Skripsi. Universitas Lampung
- Nurcahyo, B. 2015. *Identifikasi dan Autentikasi Meniran (Phyllanthus Niruri) Menggunakan Spektrum Ultraviolet Tampak dan Kemometrika* (Skripsi), Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Panggabean, E. 2011. *Buku Pintar Kopi*. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta
- Rahardjo, P. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Penawar Swadaya. Jakarta.
- Rumus Statistik. 2021. *Analisis Komponen Utama (Principal Component Analysis)*. Rumus Statistik.

- Sahumena, M. H., Ruslin, Asriyanti, dan Djuwarno, E. N. 2020. Identifikasi jamu yang beredar di Kota Kendari menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 2(2), 65.
- Santos, F. D., Vianna, S. G. T., Cunha, P. H. P., Folli, G. S., de Paulo, E. H., Moro, M. K., Romão, W., de Oliveira, E. C., and Filgueiras, P. R. 2022. Characterization of Crude Oils with a Portable NIR Spectrometer. *Microchemical Journal*. 181, 107696.
- Sihanjaya D, 2024. Klasifikasi Kopi Organik Ghalkoff Dengan Lama Fermentasi 0, 2, Dan 4 Hari Menggunakan *Uv-Visible Spectroscopy* Dan Metode SIMCA
- Sugianti, C., Apratiwi, N., Suhandy, D., Telaumbanua, M., Waluyo, S., dan Yulia, M. 2016. Studi Penggunaan Uv-Vis Spectroscopy Untuk Identifikasi Campuran Kopi Luwak Dengan Kopi Arabika. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 5(31), 167-176. <https://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v5i3.%p>
- Suhandy, D. dan Yulia, M. 2019. Tutorial Analisis Data Spektra Menggunakan The Unscrambler. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2019. *Tutorial Analisis Data Spektra Menggunakan The Unscrambler*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- 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 (Journal of Agricultural Engineering)*. 7(3), 123-132. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v7i3>.
- Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa, Y., dan Kondo, N. 2017. Diskriminasi kopi lanang menggunakan 89VIBL6SHFWURVFRS\ dan metode SIMCA. *AGRITECH*, 37(4), 471-476. <https://doi.org/10.22146/agritech.12720>
- Virhananda, M. R. P., Suroso, E., Nurainy, F., Suharyono, dan Subeki, W. S. 2022. Analisis kadar asam klorogenat dan kafein berdasarkan perbedaan lokasi penanaman dan suhu roasting pada kopi Robusta (*C. canephora* Pierre) [Analysis of chlorogenic acid and caffeine levels based on differences in planting locations and roasting temperatures in Robusta coffee (*C. canephora* Pierre)]. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, 1(2), 245
- Wahono, B. 2016. Effects of peaberry coffee on the sexual behavior and the blood testosterone levels of the male mouse (*Mus musculus*). In *Proceeding of the 3rd International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Science* (pp. B-21). Yogyakarta, Indonesia.

- Wahyudi, 2024. Studi Aplikasi *Uv-Vis Spectroscopy* Tipe *Benchtop* Untuk Klasifikasi Kopi Robusta Organik Ghalkoff Dengan Lama Fermentasi 7, 9,12, Dan 17 Hari
- Yulia, M., Analianasari, A., Widodo, S., Kusumiyati, K., Naito, H., dan Suhandy, D. 2023. The Authentication of Gayo Arabica Green Coffee Beans with Different Cherry Processing Methods Using Portable LED-Based Fluorescence Spectroscopy and Chemometrics Analysis. *Foods*, 12(23), 1-14. <https://doi.org/10.3390/foods12234302>
- 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. <https://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v6i1.%p>
- Zulfikar, M. S. i., Ak., CA. (n.d.). *Specialty coffee sebagai aset takberwujud, tinjauan akuntansi*. PT Florentine Andika Sejahtera. Retrieved from