

**STUDI UJI KEASLIAN KOPI SINGLE-ORIGIN INDONESIA
MENGGUNAKAN *BENCHTOP UV-VISIBLE
SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA**

(SKRIPSI)

Oleh

JAJANG ZAINUDIN



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

STUDI UJI KEASLIAN KOPI *SINGLE-ORIGIN* INDONESIA MENGGUNAKAN *BENCHTOP UV-VISIBLE* *SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA

Oleh

JAJANG ZAINUDIN

Kopi Arabika (*Coffea arabica*) memiliki karakteristik morfologi yang khas serta kualitas yang tinggi, yang membedakannya dari jenis kopi lainnya. Tanaman ini tumbuh optimal pada ketinggian antara 1000 hingga 1200 meter di atas permukaan laut (mdpl). Secara morfologi, kopi Arabika memiliki tajuk yang kecil dan ramping. Daunnya berukuran lebih kecil dibandingkan jenis kopi lain. Biji kopi Arabika umumnya berbentuk agak panjang dengan permukaan cembung yang tidak terlalu tinggi, lebih bercahaya, dan memiliki ujung yang mengkilap. Ciri khas lainnya adalah adanya celah tengah yang berlekuk pada bagian datar biji. Kopi Arabika banyak dibudidayakan di daerah dataran tinggi, seperti Mandailing di Sumatera Utara dan Wamena di Papua, yang dikenal sebagai penghasil kopi Arabika berkualitas tinggi. Meskipun tanaman ini tidak memerlukan periode kering yang spesifik, kopi Arabika memiliki ketahanan terhadap kondisi kering yang berat karena ditanam pada ketinggian yang tinggi dan memiliki sistem perakaran yang dalam. Karakteristik rasa dan aroma kopi Arabika dipengaruhi oleh daerah asalnya, terutama terkait dengan kelembaban lingkungan. Untuk menjamin keaslian dan kualitas kopi Arabika, terutama karena biji kopi dari daerah Mandailing dan Wamena memiliki warna yang hampir serupa, dilakukan analisis menggunakan teknologi *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*. Teknologi ini dapat membantu membedakan dan mengidentifikasi karakteristik spesifik dari biji kopi berdasarkan spektrum penyerapannya, sehingga mendukung upaya autentikasi kopi *single origin*.

Benchtop UV-Visible Spectroscopy digunakan untuk menguji sampel dengan cara mengukur transmitan (%T atau T) atau absorban (A) sebagai fungsi panjang gelombang. Alat ini berfungsi untuk mengukur energi cahaya secara relatif ketika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau diemisikan sebagai fungsi panjang gelombang. Cahaya polikromatis diubah menjadi cahaya monokromatis oleh monokromator, lalu cahaya tersebut melewati sampel (dalam kuvet) pada panjang gelombang tertentu, dimana cahaya tersebut diteruskan dan diserap oleh detektor. Setelah spektra diperoleh, model dibangun dan diuji menggunakan metode PCA dan SIMCA. Pengujian PCA dilakukan spektra asli PC-1 dan PC-2.

Penelitian ini memanfaatkan alat *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*. dan metode SIMCA. Sebanyak 100 sampel digunakan dalam penelitian ini, yang terdiri dari 50 sampel kopi Mandailing (M) masing-masing seberat 1 gram, dan 50 sampel kopi Wamena (W) masing-masing seberat 1 gram. Sebelum dilakukan pengujian, sampel kopi diekstraksi dengan air mendidih pada suhu 90-100°C, kemudian diencerkan menggunakan aquades dalam perbandingan 1:20 ml dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Spektra sampel yang telah siap diambil dilakukan dua kali pengulangan dalam rentang panjang gelombang *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*. Setelah spektra diambil, data spektra yang diperoleh dianalisis menggunakan *software Microsoft Excel* dan *The Unscrambler versi 10.4*. Hasil analisis PCA terbaik diperoleh melalui perbaikan spektra dengan beberapa perlakuan, di mana untuk *Original + Smoothing Moving Average 9 Segment* diperoleh nilai PC-1 dan PC-2 masing-masing sebesar 87% dan 6%, sedangkan untuk *Normalize + Smoothing Moving Average 7 Segment* diperoleh nilai PC-1 dan PC-2 masing-masing sebesar 59% dan 30%. Dalam penelitian ini, evaluasi model SIMCA dilakukan menggunakan *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* untuk menguji keaslian kopi *single-origin* Indonesia. Metode SIMCA menunjukkan klasifikasi sempurna atau *excellent* dengan nilai akurasi 100%, spesifitas 100%, sensitivitas 100%, dan error 0%. Berdasarkan kurva ROC untuk M dan W, yang menunjukkan hubungan antara spesifitas dan sensitivitas, klasifikasi yang dihasilkan sangat baik karena kurva mendekati garis Y (0,1) pada tingkat signifikansi 0,1%, 0,5%, 1%, 5%, 10%, dan 25%. Dengan demikian, klasifikasi yang dihasilkan terbukti signifikan.

Kata kunci: Kopi Arabika, *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*, PCA, SIMCA

ABSTRACT

AUTHENTICATION STUDY OF INDONESIAN SINGLE-ORIGIN COFFEE USING BENCHTOP UV-VISIBLE SPECTROSCOPY AND SIMCA METHOD

By

JAJANG ZAINUDIN

Arabica coffee (*Coffea arabica*) exhibits distinct morphological characteristics and superior quality that differentiate it from other coffee species. This plant thrives optimally at altitudes ranging from 1,000 to 1,200 meters above sea level (masl). Morphologically, Arabica coffee is characterized by a small and slender canopy. Its leaves are relatively smaller compared to other coffee varieties. Arabica beans are generally elongated, with a moderately convex surface, more lustrous appearance, and a shiny tip. A notable morphological feature is the presence of a grooved central fissure on the flat side of the bean. Arabica coffee is predominantly cultivated in highland regions such as Mandailing in North Sumatra and Wamena in Papua, both renowned for producing high-quality Arabica beans. Although this species does not require a distinct dry season, Arabica coffee demonstrates a high degree of drought tolerance due to its deep root system and the elevated altitudes at which it is cultivated. The flavor and aroma profiles of Arabica coffee are significantly influenced by its geographical origin, particularly the ambient humidity of the growing environment. To ensure the authenticity and quality of Arabica coffee—especially given that beans from Mandailing and Wamena exhibit nearly identical visual characteristics—analytical techniques such as Benchtop UV-Visible Spectroscopy are employed. This technology enables the differentiation and identification of specific bean characteristics based on their absorption spectra, thereby supporting the authentication of single-origin coffee.

Benchtop UV-Visible Spectroscopy is used to analyze samples by measuring transmittance (%T or T) or absorbance (A) as a function of wavelength. This instrument is designed to measure the relative energy of light when it is transmitted, reflected, or emitted as a function of wavelength. Polychromatic light is converted into monochromatic light by a monochromator, which then passes through the sample (in a cuvette) at a specific wavelength, where the light is transmitted and detected by the detector. After the spectra are obtained, a model is constructed and

tested using PCA and SIMCA methods. The PCA analysis is performed on the original spectra of PC-1 and PC-2.

This study utilizes Benchtop UV-Visible Spectroscopy and the SIMCA method. The research involved a total of 100 samples, consisting of 50 samples of Mandailing coffee (M), each weighing 1 gram, and 50 samples of Wamena coffee (W), also weighing 1 gram. Before testing, the coffee samples were extracted with boiling water at a temperature of 90-100°C, then diluted with distilled water in a 1:20 ml ratio and stirred using a magnetic stirrer for 10 minutes. The spectra of the prepared samples were taken with two repetitions within the Benchtop UV-Visible Spectroscopy wavelength range. After spectrum acquisition, the obtained spectral data were analyzed using Microsoft Excel and The Unscrambler software version 10.4. The best PCA results were achieved by improving the spectra with several treatments, yielding Original Smoothing Moving Average 9 Segment with PC-1 and PC-2 values of 87% and 6%, and Normalize + Smoothing Moving Average 7 Segment with PC-1 and PC-2 values of 59% and 30%, respectively. In this study, the evaluation of the SIMCA Model was carried out using Benchtop UV-Visible Spectroscopy to test the authenticity of Indonesian single-origin coffee. The SIMCA method showed perfect or excellent classification with an accuracy value of 100%, specificity of 100%, sensitivity of 100%, and error of 0%. Based on the ROC curve for M and W, which shows the relationship between specificity and sensitivity, the resulting classification is very good because the curve approaches the Y line (0.1) line at significance levels of 0.1%, 0.5%, 1%, 5%, 10%, and 25%. Thus, the classification is proven to be significant.

Keywords: *Coffea Arabica, Benchtop UV-Visible Spectroscopy, PCA, SIMCA*

**STUDI UJI KEASLIAN KOPI SINGLE-ORIGIN INDONESIA
MENGGUNAKAN *BENCHTOP UV-VISIBLE
SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA**

Oleh

Jajang Zainudin

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 : **STUDI UJI KEASLIAN KOPI SINGLE-
ORIGIN INDONESIA MENGGUNAKAN
BENCHTOP UV-VISIBLE SPECTROSCOPY
DAN METODE SIMCA**

Nama Mahasiswa : **Gajang Zainudin**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1914071036**

Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**



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

Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.
NIP. 197007031998022001

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

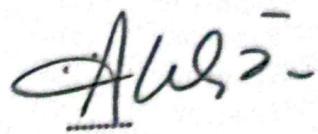
Ketua

: Prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr.....



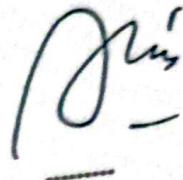
Sekretaris

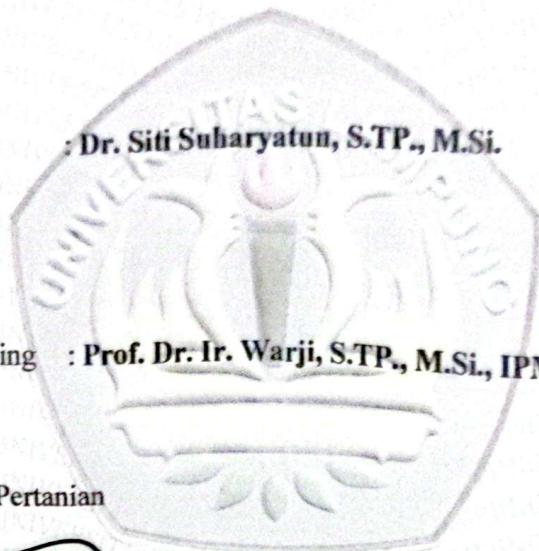
: Dr. Siti Subaryatun, S.TP., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM.





2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kaswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411111989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 25 Juli 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya, Jajang Zainudin, dengan NPM 1914071036, menyatakan bahwa isi karya ilmiah ini merupakan karya saya sendiri yang telah dibimbing oleh Komisi Pembimbing, yang terdiri dari 1) **Prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr.**; 2) **Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si.** Didasarkan pada informasi dan pengetahuan yang telah saya peroleh, karya ilmiah ini tidak mengandung plagiarisme dan juga mengandung materi yang saya buat sendiri.

Saya bertanggung jawab sepenuhnya atas pernyataan ini. Saya siap untuk bertanggung jawab jika di kemudian hari terbukti ada kecurangan dalam karya ilmiah ini.

Bandar Lampung, 25 Juli 2025
Yang membuat pernyataan,



3F61FAMX266135796

Jajang Zainudin
NPM. 1914071036

RIWAYAT HIDUP



Jajang Zainudin, lahir di Desa Karangmangu, Kecamatan Kramat Mulya, Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat, pada tanggal 17 Juli 2000. Penulis adalah putra bungsu dari dua bersaudara pasangan Bapak Samsudin (Alm) dan Ibu Rumsiti. Penulis memulai pendidikan dasar di SDN 1 Purwa Negara tahun 2013. Penulis setelah lulus melanjutkan pendidikan di Madrasah Tsanawiyah MTs Purwa Negara Way Kanan, dan lulus tahun 2016. Kemudian ia menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Negara Batin, Kabupaten Way Kanan Provinsi

Lampung, Jurusan Matematika Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) tahun 2019. Tepat di tahun tersebut juga, penulis menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Jurusan Teknik Pertanian jalur Peserta Penerimaan Mahasiswa Baru Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP). Penulis berpartisipasi aktif dalam berbagai organisasi semasa kuliah, seperti sebagai Anggota Bidang Informasi dan Komunikasi Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian Indonesia (IMATETANI) dari tahun 2020-2021 hingga tahun 2021-2022. Selain itu, dia juga merupakan Wakil Ketua Unit Kegiatan Mahasiswa Persaudaraan Setia Hati Terate Universitas Lampung (UKM PSHT UNILA) dari tahun 2021-2022. Selain itu, penulis terlibat dalam Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian (BEM FP) dari tahun 2020 hingga 2021. Dia juga aktif dalam Pergerakan Mahasiswa Islam Indonesia (PMII) sebagai ketua eksternal PMII Rayon Pertanian dari tahun 2020 hingga 2021, dan sebagai ketua eksternal PMII Komisariat Universitas Lampung dari tahun 2021 hingga 2022. Selain itu, penulis adalah Duta KPB Pemerintah Provinsi Lampung. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode 1 tahun 2022 di Desa Way Tawar, Kecamatan Pakuan Ratu, Kabupaten Way Kanan, Provinsi Lampung selama 40 hari dari 4 Januari hingga 12 Februari 2022. Kemudian, sejak Juli hingga Agustus 2022, penulis menjalani Praktik Umum (PU) di Perlindungan Tanaman Perkebunan (DISBUN) dengan judul “PENGEMBANGBIAKKAN JAMUR *Trichoderma.sp* DENGAN MEDIA PECAHAN JAGUNG DI UPTD BALAI PERLINDUNGAN TANAMAN PERKEBUNAN TEGINENENG LAMPUNG”.

MOTTO

“Terlalu sakit dan pahit dengan hinaan orang lain terhadap keluarga saya dan hinaan orang lain yang mencoba merendahkan menjatuhkan harga diri saya, tidak goyah sedikitpun saya tetep bertahan bahkan terus bangkit, dengan ini saya mempersesembahkan motto sebagai motivasi perjuangan perjalanan saya.”

“*Jadikan hinaan itu sebagai cambuk hingga luka darah bercucuran, biarkan luka itu menjadi cambuk semangat yang akan membawamu menuju pembuktian keberhasilan sebagai wujud kesuksesan.*”

(Jajang Zainudin)

“*Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan*”

(Q.S Al-Insyirah 94 : 5-6)

“*Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.*”

(Q.S Al Baqarah : 286)

***Suro Diro Joyo Diningrat Lebur Dening Pangastuti
Memayu Hayuning Bawana Ambrasta dur hangkara
Jer Basuki Mawa Beya***

(PSHT)

**“*Terbentur, Terbentur Terbentuk*”
(Tan Malaka)
*Semangat nya Bukan PKI nya***

“Jatuh bangun hal biasa. Berjuang terus luar biasa! Maka lelaki ini tak hanya menulis sekedar skripsi , ia menulis arti perjuangan. Lewat data dan cahaya membuktikan kopi bukan hanya sekedar rasa, tapi sebuah arti rasa, perjuangan , pengorbanan luar biasa.”

(Zai Pejuang S.T)

Persembahan

Alhamdulillah dihaturkan pada Allah SWT yang senantiasa memberikan nikmat dan hidayah-Nya, serta kesehatan, kelancaran dan kemudahan dalam setiap langkah sehingga penulis bisa menyelesaikan tahap ini.

Karya ini dipersembahkan untuk :

Orang Tua, Diri Sendiri dan Keluarga Besarku

Teruntuk ibuku tercinta mamah rumsiti adalah sosok ibu yang paling berjasa dan jasa itu tidak mampu tergantikan dan yang selalu memberikan dukungan, samangat yang tiada henti, dan yang senantiasa memberikan segala sesuatu yang dimiliki baik berwujud materi, tenaga, pikiran serta doa yang begitu tulus demi keberhasilanku

Keluarga Besarku PSHT

Terimakasih kepada seluruh saudara saudaraku dan yang pernah berjuang di kampus tercinta ini di Universitas Lampung, serta para sesepuh saya yang senantiasa melakukan tali silaturahim memberikan wejangan pesan kepada saya

Keluarga Besarku PMII

Terimakasih kepada seluruh sahabat sahabat pergerakan yang pernah berjuang di kampus tercinta ini di Universitas Lampung dan para senior-senior yang telah memberikan motivasi semangat yang telah diberikan.

Serta

“Almamater Tercinta Universitas Lampung”
“Teknik Pertanian Universitas Lampung 2019”

SANWANCANA

Alhamdullilah diucapkan pada Allah SWT yang senantiasa memberikan nikmat dan rahmat-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan karya tulis ini. Sholawat beriring salam tidak lupa tercurahkan pada Nabi Muhammad Saw., yang kita harapkan syafaatnya di hari akhir nanti. Skripsi ini, yang berjudul **“STUDI UJI KEASLIAN KOPI SINGLE-ORIGIN INDONESIA MENGGUNAKAN BENCHTOP UV-VISIBLE SPECTROSCOPY DAN METODE SIMCA,”** disusun sebagai salah satu syarat guna memeroleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, doa, dukungan, serta bimbingan dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini. Terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., sebagai Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., sebagai Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Ir. Sapto Kuncoro, M.S., sebagai Dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah mengarahkan, memotivasi, menyemangati, dan memberikan masukan selama penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.TP., M. Agr., sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah mengarahkan, memotivasi, menyemangati, dan memberikan masukan selama penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

6. Ibu Dr. Siti Suharyatun, S.TP., M.Si., sebagai pembimbing kedua yang telah memberikan dukungan, arahan, dan dorongan dalam menyelesaikan skripsi ini, serta motivasinya selama masa studi.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., sebagai dosen penguji sekaligus Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan masukan dan saran yang berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah membagikan ilmu dan pengalamannya.
9. Kepada ibu saya, Rumsiti, terima kasih atas segala doa, cinta, dukungan, dan nasihat yang telah diberikan. Saya sangat berterima kasih.
10. Kepada kakak saya, Mei Sunarni, serta seluruh keluarga besar. Terima kasih atas segala doa, cinta, dukungan, dan nasihat yang telah diberikan. Saya sangat berterima kasih.
11. Kepada Ibu Nurhayati (Almarhum) beserta keluarga besarnya yang telah begitu banyak membantu dan menganggap saya sebagai anak angkat. Terima kasih atas semua doa, cinta, dukungan, dan nasihat yang telah diberikan. Saya sangat berterima kasih.
12. Kepada seluruh keluarga besar saya. Terima kasih atas segala doa, cinta, dukungan, dan nasihat yang telah diberikan. Saya sangat berterima kasih.
13. Kepada semua teman di Komunitas Motor Vario, termasuk Andika, Yoga, dan lainnya. Terima kasih atas doa, dukungan, dan nasihat yang telah diberikan. Saya sangat berterima kasih.
14. Kepada semua rekan di Laboratorium Teknik Mesin, termasuk Yoga, Rafly, Joey, Decky, Reza, Afif, dan Steven, yang telah banyak memberikan dukungan selama penelitian ini.
15. Kepada semua teman KKN, termasuk Arin, Yora, Yori, Stevani, Sherly, Made, Yesiani. Terima kasih atas doa, dukungan, dan nasihat yang telah diberikan. Saya sangat berterima kasih.
16. Kepada semua teman Jurusan Teknik Pertanian angkatan 2019, termasuk Wahyudi, Kholis, Dimas, dan lainnya yang telah memberikan semangat selama penyelesaian penelitian ini. Saya sangat berterima kasih.
17. Kepada seluruh teman seperjuangan Teknik Pertanian yang telah memberikan

- semangat, dukungan, dan bantuannya selama masa studi.
18. Kepada semua teman di Fakultas Pertanian, terima kasih atas segala doa, dukungan, dan nasihat yang telah diberikan. Saya sangat berterima kasih.
 19. Kepada seluruh teman di Universitas Lampung, terima kasih atas doa, dukungan, dan nasihat yang telah diberikan. Saya sangat berterima kasih.

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

Bandar Lampung, 25 Juli 2025

Jajang Zainudin
NPM. 1914071036

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	XVI
DAFTAR TABEL	XIX
DAFTAR GAMBAR.....	XX
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kopi (<i>Coffea</i>)	5
2.2 Taksonomi Tanaman Kopi.....	6
2.3 Kopi Arabika (<i>Coffea Arabica L.</i>)	7
2.4 Proses Pengolahan Kopi	7
2.4.1 Pengolahan Kopi <i>Natural</i>	7
2.4.2 Pengolahan Kopi <i>Honey</i>	8
2.4.3 <i>Semi-Washed</i>	9
2.5 Prinsip Kerja <i>Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	10
2.6 Ekstraksi.....	13
2.7 <i>Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	13
2.8 Metode <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA)	14
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.3 Prosedur Penelitian	16
3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	18
3.3.2 Penggilingan Kopi	18
3.3.3 Pengayakan Kopi.....	18
3.3.4 Penimbangan Kopi	19
3.3.5 Pembuatan Larutan Kopi	19

3.3.6 Pengadukan Larutan Kopi	20
3.3.7 Penyaringan Larutan Kopi.....	20
3.3.8 Pengenceran Kopi.....	21
3.4 Pengambilan Spektra Menggunakan <i>Benchtop UV- Visible Spectroscopy</i>	21
3.4.1 Membangun dan Menguji Model	23
3.4.2 Analisis Data	23
3.4.3 <i>Principal Component Analisys (PCA)</i>	23
3.4.4 Mengembangkan Model dengan Metode <i>Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)</i>	27
3.4.5 <i>Pretreatment</i>	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Analisis Spektra Kopi Arabika (<i>Coffea arabica</i>) Kopi Mandailing (M) dan Kopi Wamena (W) Menggunakan Data Spektra <i>Original</i>	32
4.1.1 Analisis Spektra Kopi Arabika (<i>Coffea arabica</i>) Kopi Mandailing (M) dan Kopi Wamena (W) Menggunakan Data Spektra <i>Pretreatment Original + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	34
4.1.2 Analisis Spektra Kopi Arabika (<i>Coffea arabica</i>) Kopi Mandailing (M) dan Kopi Wamena (W) Menggunakan Data Spektra <i>Pretreatment Normalize + Smoothing Moving Average 7 Segment</i>	37
4.2 Hasil <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	38
4.2.1 Hasil PCA Terhadap Data <i>Original</i>	39
4.2.2 Analisis PCA pada Data <i>Pretreatment Original+ Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	42
4.2.3 Hasil PCA Terhadap Data <i>Pretreatment Normalize Moving Average 7 Segment</i>	45
4.3 Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)</i> pada Panjang Gelombang <i>Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	48
4.3.1 Hasil Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)</i> Menggunakan Data <i>Original</i>	48
4.3.2 Hasil Model SIMCA Menggunakan Data <i>Pretreatment Original + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	51
4.3.3 Hasil Model SIMCA Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize + Smoothing Moving Average 7 Segment</i>	53
4.4 Klasifikasi Menggunakan Sampel Baru (sampel prediksi).....	56
4.4.1 Klasifikasi Menggunakan Data <i>Original</i>	56
4.4.2 Klasifikasi Menggunakan Data <i>Pretreatment Original + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	57
4.4.3 Klasifikasi Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize + Smoothing Moving Average 7 Segment</i>	58
4.5 <i>Coomans Plot</i>	59
4.5.1 <i>Coomans Plot</i> Menggunakan Data <i>Original</i>	59
4.5.2 <i>Coomans Plot</i> Menggunakan Data <i>Pretreatment Original + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	60
4.5.3 <i>Coomans Plot</i> Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize +</i>	

<i>Smoothing Moving Average 7 Segment</i>	61
4.6 Kurva <i>Receiver Operating Characteristic</i> (ROC)	63
4.6.1 Kurva ROC Menggunakan Data <i>Original</i>	63
4.6.2 Data Kurva ROC <i>Pretreatment Original + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	65
4.6.3 Data Kurva ROC <i>Pretreatment Normalize + Smoothing Moving Average 7 Segment</i>	67
V. KESIMPULAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
	<i>Teks</i>
1. Matriks Konfusi	31
2. Hasil Perhitungan Matriks Konfusi Serta Nilai PC Pada Modal M dan W Menggunakan Beberapa Kombinasi Preatreatment.....	34
3. Matriks Konfusi Model SIMCA M dan W Data <i>Original</i>	57
4. Matriks Konfusi Model SIMCA M dan W Data <i>Original+Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	57
5. Matriks Konfusi Model SIMCA M dan W <i>Pretreatment Normalize+Smoothing Moving average 7 Segment</i>	58
6. Menyajikan hasil perhitungan nilai sensitivitas dan 1-spesifisitas pada proses klasifikasi kelompok M dan W, yang diperoleh berdasarkan data asli dengan penerapan pada berbagai tingkat signifikansi.	64
7. Menampilkan hasil pengukuran sensitivitas dan spesifisitas pada proses klasifikasi kelompok M dan W yang dilakukan dengan menggunakan data pretreatment asli yang telah diproses melalui metode <i>Original + Smoothing Moving Average 9 Segment</i> . Pengujian dilakukan pada berbagai tingkat signifikansi.	65
8. Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas Hasil Dari Klasifikasi M dan W Menggunakan <i>Preatment Normalize+Smoothing Moving Average 7 Segment</i>	67
	<i>Lampiran</i>
9. Tabel Istilah (Suhandy dan Yulia, 2019).	75
10. Klasifikasi Model SIMCA Pada Model M dan W Menggunakan Spektra Original	78
11. Model Klasifikasi SIMCA Pada Model M dan W dengan Spektra metode <i>Original+Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	79
12. Model Klasifikasi SIMCA pada model M dan W dengan spektra metode <i>Normalize+Smoothing Moving Average 7 Segment</i>	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
1. Prinsip Kerja Dari <i>Benchtop UV Visible Spectroscopy</i> (Balai Teknologi Polimer, 2020).....	10	
2. Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	17	
3. Penggilingan Kopi Sayota 180 watt.....	18	
4. Pengayakan Kopi.	19	
5. Penimbangan Kopi.	19	
6. Pembuatan Larutan Kopi.....	20	
7. Pengadukan Larutan Kopi.....	20	
8. Penyaringan Kopi.....	21	
9. Pengenceran Larutan Kopi.....	21	
10. Diagram Alir Prosedur Pengoprasiyan <i>Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	22	
11. Proses Memasukan Data dari <i>Microsoft Exel</i> ke <i>The Unscrambler 10.4</i>	24	
12. Proses Langkah Transpose Data Pada <i>The Unscrambler 10.4</i>	24	
13. Cara Merancang Kolom <i>Category Variable</i>	25	
14. Menu <i>Edit Set</i>	26	
15. Menu Analisis PCA Pada Aplikasi <i>The Uscrambler Versi 10.4</i>	26	
16. Menu SIMCA.....	27	
17. Grafik Nilai Rata-Rata Absorban Spektra <i>Original</i> Pada Panjang Gelombang Interval 190-1100 nm.	32	
18. Menyajikan grafik rata-rata nilai spektra hasil <i>pretreatment Original</i> yang dikombinasikan dengan metode <i>Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	36	
19. Grafik Nilai Spektra <i>Normalize + Smothing Moving Average 7 Segment</i>	38	
20. <i>Plot Score</i> hasil analisis <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) yang diperoleh dari data <i>original</i> pada rentang panjang gelombang yang diukur menggunakan instrumen <i>Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	39	

21. <i>Grafik X-Loading</i> komponen utama pertama (PC-1) dan komponen utama kedua (PC-2) yang dihasilkan dari analisis <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) menggunakan data asli pada rentang panjang gelombang yang diperoleh melalui instrumen <i>Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	41
22. <i>Plot Score</i> Hasil PCA Data Spektra <i>Original+Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	42
23. <i>Grafik X-loading</i> untuk komponen utama pertama (PC-1) dan komponen utama kedua (PC-2) yang dihasilkan dari analisis <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) menggunakan data original yang diproses dengan metode <i>Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	44
24. <i>Plot skor</i> hasil analisis Principal Component Analysis (PCA) yang diperoleh dari data spektra hasil pretreatment Normalize dengan penerapan metode Smoothing Moving Average 7 Segment, berdasarkan kelas M dan W.	46
25. <i>Grafik X-Loading</i> PC-1 dan PC-2 Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Normalize + Smoothing Moving Average 7 Segment</i>	47
26. Hasil Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Kelas Sampel Data <i>Original Panjang Gelombang Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	49
27. Hasil Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Kelas Sampel W Data <i>Original Panjang Gelombang Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	50
28. Hasil kalibrasi dan validasi model pada sampel kelas M diperoleh dengan menggunakan data hasil <i>pretreatment</i> melalui metode <i>Original</i> yang dikombinasikan dengan <i>Smoothing Moving Average 9 Segment</i> , pada rentang panjang gelombang yang diukur menggunakan instrumen <i>Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	51
29. Hasil kalibrasi dan validasi model pada sampel kelas W diperoleh dengan menggunakan data hasil <i>pretreatment</i> melalui metode <i>Original</i> yang dikombinasikan dengan <i>Smoothing Moving Average 9 Segment</i> pada rentang panjang gelombang yang diukur menggunakan instrumen <i>Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	52
30. Hasil Model Kalibrasi dan Validasi Pada Sampel Kelas M Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize+Smoothing Moving 9</i> Pada Panjang Gelombang <i>Benchtop UV-Visible Spectroscopy. Segment</i>	54
31. Hasil model kalibrasi dan validasi pada sampel kelas W diperoleh dengan menggunakan data hasil <i>pretreatment Normalize</i> yang dikombinasikan dengan metode <i>Smoothing Moving Average 7 Segment</i> pada rentang panjang gelombang yang diukur menggunakan instrumen <i>Benchtop UV-Visible Spectroscopy</i>	55
32. Hasil <i>Coomans Plot</i> Pada Model SIMCA M dan W Spektra <i>Original</i> Berdasarkan Kelas Sampel M dan W.....	59
33. <i>Coomans Plot</i> Hasil Model SIMCA M dan W Data Spektra <i>Original+Smoothing Moving Average 9 Segment</i> Berdasarkan Kelas sampel M dan W.	61

34. Hasil <i>Coomans Plot</i> pada Model SIMCA M dan W Spektra <i>Normalize+Smoothing Moving Average 7 Segment</i> Berdasarkan Sampel M dan W	62
35. Hasil kurva ROC Klasifikasi Kelas M dan W Menggunakan Data Spektra Original.	64
36. Hasil kurva ROC Berdasarkan Klasifikasi Kelas M dan W Menggunakan data Spektra <i>Pretreatment Original+Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	66
37. Hasil kurva ROC Berdasarkan klasifikasi kelas M dan W Menggunakan data Spektra <i>Pretreatment Normalize+Smoothing Moving Average 7 Segment</i>	67
<i>Lampiran</i>	
38. Dokumentasi Proses Pengambilan Data.....	82
39. Dokumentasi Alat-Alat Laboratorium.	82

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan di Indonesia yang memiliki peran strategis dalam mendukung perekonomian nasional. Indonesia menempati peringkat keempat sebagai produsen kopi terbesar di dunia setelah Brasil, Vietnam, dan Kolombia. Kopi dengan kualitas tinggi berpotensi menjadi bahan baku utama dalam industri pengolahan, sekaligus memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan nilai ekspor. Pada tahun 2015, nilai ekspor kopi Indonesia tercatat mencapai USD 356,799 juta, yang menunjukkan peningkatan sebesar 8% dibandingkan dengan tahun sebelumnya. (Kementerian Perindustrian, 2016).

Kopi juga merupakan sumber pendapatan utama bagi hampir 2 juta keluarga di Indonesia. Komoditas ini berperan dalam pembangunan regional, penciptaan pekerjaan industri, penyediaan bahan baku, dan devisa negara. Banyaknya petani kopi di Indonesia menjadikannya penting untuk ekonomi lokal, produksi bahan baku, dan pendapatan negara. Kopi di Indonesia dapat diolah menjadi minuman atau produk obat. Jenis kopi yang umum adalah Arabika, Robusta, dan Liberika, dengan Arabika dan Robusta sebagai yang paling banyak dibudidayakan (Prastowo dkk, 2010).

Industri kopi di Indonesia sedang berkembang pesat, dengan tujuan menjadi salah satu produsen utama dunia. Kopi Indonesia, seperti Mandailing dan Wamena, sangat diminati di pasar global. Permintaan internasional memengaruhi pertumbuhan ini. Kopi *single origin* adalah kopi dari satu sumber tertentu, baik jenis, lokasi, atau tanaman yang sama. Ini menggambarkan kopi dari lokasi tertentu, seperti Mandailing dari Sumatera dan Wamena dari Papua, yang dikenal

luas. Kopi Mandailing, atau “Kopi Mandeily,” adalah kopi spesial dari Sumatera Utara dengan harga lebih tinggi dibandingkan Robusta. Penelitian ini menggunakan *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* untuk memverifikasi keaslian kopi *single origin*. Alat *Benchtop Benchtop UV-Visible Spectroscopy* dikenal akurat dan efisien, banyak digunakan di laboratorium di Indonesia. Penelitian sebelumnya menggunakan untuk memeriksa kemurnian kopi luwak dan membedakan kopi asli dari campuran (Waluyo dkk, 2017).

Benchtop UV-Visible Spectroscopy adalah teknik analisis spektroskopi yang digunakan untuk mengukur penyerapan cahaya oleh suatu sampel dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (UV, sekitar 190–400 nm) dan visible (cahaya tampak terlihat, sekitar 400–700 nm). Instrumen *benchtop* merujuk pada alat spektrofotometer yang berukuran kecil dan dapat ditempatkan di atas meja laboratorium (*bench*), sehingga lebih praktis dan hemat ruang dibandingkan sistem skala besar (Skoog dkk, 2014).

Teknologi ini dapat mengklasifikasikan berbagai jenis kopi. Data dianalisis menggunakan pendekatan multivariat melalui penerapan metode kemometrik, yakni *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Soft Independent Modelling of Class Analogy* (SIMCA), untuk memperoleh pengelompokan sampel berdasarkan kesamaan karakteristiknya. Berbagai penelitian telah menggunakan teknologi ini untuk membedakan kopi asli dari yang palsu. Penelitian terdahulu mengindikasikan bahwa penerapan metode SIMCA efektif dalam mengklasifikasikan jenis kopi, seperti kopi campuran, Arabika Gayo wine dan Arabika Gayo konvensional, serta Robusta segar dan Robusta olahan, melalui analisis spektrum pada panjang gelombang 230–400 nm. (Souto dkk, 2015).

Instrumen ini memiliki keunggulan berupa proses ekstraksi yang ekonomis, tanpa bahan kimia, akurat, dan tidak sulit ditemukan di laboratorium kualitas pertanian dan pangan (Suhandy dan Yulia, 2018). Sampel dalam penelitian ini adalah kopi Mandailing dan Wamena, yang dikenal karena kualitas, aroma khas, kekentalan yang baik, dan tingkat keasaman rendah (Gumulya dan Helmi, 2017).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja model SIMCA dalam mengklasifikasikan keaslian kopi *single origin* Mandailing dan Wamena berdasarkan data spektrum dari *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*.
2. Sejauh mana kontribusi analisis PCA kumulatif dalam mendukung validitas model klasifikasi berdasarkan data *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada dua jenis kopi *single origin*, yaitu kopi Mandailing (M) dan Wamena (W).
2. Model klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah SIMCA (*Soft Independent Modeling of Class Analogy*).

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Mengevaluasi apakah sampel kopi telah terkласifikasi dengan tepat dalam uji keaslian.
3. Menunjukkan hasil uji keaslian kopi menggunakan metode SIMCA dengan *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Keuntungan melalui identifikasi dan penilaian kemurnian kopi dari berbagai daerah asal.
2. Menawarkan manfaat bagi konsumen dan produsen, di mana konsumen berhak mendapatkan kopi yang murni, sehingga meningkatkan kepercayaan terhadap kualitas produk yang dihasilkan.
3. Menyediakan referensi untuk penelitian mendatang tentang studi keaslian kopi *single origin* Indonesia dengan menggunakan metode SIMCA dalam *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*.

1.6 Hipotesis

Penelitian ini mengeksplorasi efektivitas alat *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* dan metode *SIMCA* (*soft independent modeling of class analogy*) dalam menentukan dan memastikan keaslian kopi, dengan fokus pada kopi *single origin* dari Indonesia, seperti kopi Mandailing dan Wamena.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi (*Coffea*)

Sejarah kopi di Indonesia dimulai pada abad ke-16 ketika negara ini berada di bawah penjajahan Belanda. Pada sekitar tahun 1696, benih kopi dari India dikirim ke Yaman dan kemudian diserahkan kepada pihak Belanda di Indonesia untuk dikembangkan. Selama masa penjajahan, kopi yang ditanam di Batavia sebagian besar adalah Arabika dan Robusta dalam jumlah terbatas. Dengan dedikasi petani kopi Indonesia, industri kopi terus berkembang meskipun menghadapi berbagai tantangan, termasuk krisis setelah kemerdekaan. Pada tahun 2000, industri kopi kembali berkembang pesat dan menjadi salah satu minuman populer. Pada tahun 1699, benih kopi tidak lagi digunakan. Mereka kemudian ditanam di wilayah Jakarta dan Jawa Barat, serta di seluruh Indonesia. Dimulai di Ethiopia pada tahun 900-an, kopi pertama kali muncul di India pada tahun 1700-an. Selanjutnya, orang Belanda menyebarkan tanaman kopi ini ke Eropa dan koloni-koloninya, termasuk Indonesia (Panggabean dalam Anshori, 2014).

Sekitar satu abad setelah diperkenalkan, kopi Arabika berkembang menjadi salah satu komoditas perkebunan yang signifikan bagi masyarakat Indonesia, khususnya pada awal abad ke-19 di wilayah Jawa Tengah (meliputi Semarang dan Kedu) serta di Besuki pada akhir abad ke-20. Selama hampir dua abad, jenis kopi ini menjadi varietas utama yang dibudidayakan secara komersial di Indonesia.

Kopi memiliki peranan strategis dalam sektor perkebunan nasional karena memberikan kontribusi ekonomi yang signifikan, baik melalui perdagangan internasional, penyediaan lapangan kerja, maupun peningkatan pendapatan petani. Daerah-daerah seperti Sumatera Selatan, Lampung, Sumatera Utara, dan Jawa Timur merupakan sentra utama produksi kopi yang mendukung keberlangsungan

industri ini di tingkat nasional. Namun, pengelolaan perkebunan kopi rakyat sering kali belum seefisien perkebunan besar, mengakibatkan berbagai masalah, termasuk efisiensi. Efisiensi produksi optimal tercapai jika semua elemen produksi dikelola dengan baik (Santoso, 1999).

Kopi Arabika adalah komoditas bernilai tinggi yang penting dalam perdagangan internasional dan sebagai sumber pendapatan bagi sekitar 1,5 juta petani di Indonesia (Rahardjo, 2012). Lebih dari 80% dari 600.000 ton kopi yang diproduksi di Indonesia berasal dari perkebunan rakyat. Pada tahun 2009, Pengiriman sekitar 518,12 juta ton kopi dan ekspor diperkirakan mencapai sekitar US\$ 882,06 juta (Pahlevi dkk, 2014). Biji kopi yang telah siap dijual-belikan yakni yang telah melalui proses pengeringan dengan kadar air sekitar 12-13% dan telah dibersihkan dari lapisan kulit tanduk dan epidermis. Salah satu nama untuk biji ini adalah biji kopi beras. Agar kopi dapat disimpan dengan aman, ceri kopi harus segera diproses hingga mencapai bentuk akhir yang stabil. Dalam setiap generasi, standar kualitas biji kopi termasuk fisik, kebersihan, konsistensi, dan akurasi mutu (Mulato dkk, 2005).

2.2 Taksonomi Tanaman Kopi

Tanaman kopi diklasifikasikan Rahardjo (2012) sebagai berikut: *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*

Kingdom	:	Plantae
Divisi	:	Spermathophyta
Subdivisi	:	Angiospermae
Kelas	:	Dicotyledonae
Ordo	:	Rubiales
Famili	:	Rubiaceae
Genus	:	Coffea
Spesies	:	Coffea arabica L./Coffea canephora Pierree/ Coffea liberica Hiern

2.3 Kopi Arabika (*Coffea Arabica* L.)

Kopi Arabika adalah macam kopi pertama yang masuk di Indonesia dan tumbuh paling baik dan optimal antara 1000 dan 1200 meter di atas permukaan laut.

Namun, pada ketinggian di bawah 600 hingga 700 meter, kopi ini rentan terhadap penyakit karat daun yang muncul oleh *Hemileia broadatrix*. Penyakit ini bisa mengurangi kualitas dan hasil biji kopi (Indrawanto dkk, 2010).

Penanaman kopi Arabika sering ditemukan di wilayah tertentu. Jenis kopi ini dapat bertahan dalam kondisi kekeringan yang berat, meskipun tidak membutuhkan bulan-bulan kering yang panjang. Ini karena kopi Arabika tumbuh di dataran tinggi yang lebih lembab dan memiliki akar yang lebih dalam daripada kopi Robusta. Ciri khas dari kopi Arabika meliputi mahkota kecil dan ramping serta daun yang bisa lebih kecil pada beberapa varietas. Selain itu, biji kopi Arabika memiliki bentuk sedikit memanjang, penampilan cemerlang, ujung biji yang bersinar, dan lubang tengah yang rata serta melengkung (Indrawanto dkk, 2010).

2.4 Proses Pengolahan Kopi

Pengolahan pasca panen biji kopi merupakan tahap penting yang memengaruhi mutu akhir kopi. Terdapat tiga metode utama yang umum digunakan, yaitu metode *natural* (kering), *honey* (madu), dan *semi-washed* (semi-basah). Ketiga metode ini memiliki tahapan proses yang berbeda dan menghasilkan cita rasa yang beragam (Wintgens, 2004).

2.4.1 Pengolahan Kopi *Natural*

Metode *natural* atau disebut juga pengolahan kering merupakan cara paling sederhana dalam mengolah buah kopi. Dalam metode ini, buah kopi dikeringkan secara utuh tanpa menghilangkan kulit atau lapisan lendirnya terlebih dahulu.

Langkah-langkah pengolahan *natural* adalah sebagai berikut:

1. Pemanenan: Buah kopi yang telah matang dipetik langsung dari pohon.

2. Pembersihan: Buah kopi dibersihkan dari kotoran seperti daun, ranting, dan tanah.
3. Pengeringan: Buah kopi dijemur secara langsung di bawah sinar matahari menggunakan terpal atau rak pengering. Selama proses ini, buah dibalik secara rutin untuk memastikan pengeringan merata dan mencegah timbulnya jamur.
4. Pengupasan: Setelah kering, kulit buah dikupas untuk mengambil biji kopi di dalamnya.
5. Pemisahan dan Sortasi: Biji kopi disortir berdasarkan ukuran dan kualitas.
6. Penyimpanan: Biji kopi yang telah bersih disimpan di tempat kering dan sejuk.

Metode *natural* menghasilkan kopi dengan cita rasa kompleks dan cenderung memiliki aroma buah yang kuat karena biji kopi menyerap senyawa dari daging buah selama pengeringan (Wintgens, 2004).

2.4.2 Pengolahan Kopi *Honey*

Metode *honey* merupakan proses pengolahan yang menggabungkan unsur dari metode kering dan basah. Pada metode ini, sebagian lendir (*mucilage*) dari buah kopi tetap dibiarkan menempel selama proses pengeringan. Tahapan proses *honey* antara lain:

1. Pemanenan: Buah kopi dipetik saat telah mencapai tingkat kematangan optimal.
2. Pembersihan: Buah yang telah dipetik dibersihkan dari kotoran.
3. Pengupasan Kulit Luar: Kulit luar buah dikupas, tetapi lapisan lendir di sekitar biji tetap dibiarkan menempel.
4. Pengeringan: Biji kopi yang masih dilapisi lendir dijemur di tempat terbuka. Selama pengeringan, biji dibalik secara berkala agar kering secara merata dan tidak berjamur.
5. Pembersihan Lendir: Setelah kering, sisa lendir dibersihkan dari permukaan biji.

6. Sortasi: Biji kopi disortir berdasarkan ukuran dan mutu.
7. Penyimpanan: Biji yang telah dibersihkan disimpan dalam tempat yang kering dan bersih.

Kopi hasil metode honey umumnya memiliki rasa yang lebih manis dan kompleks dibandingkan metode lainnya, karena sisa lendir memberikan pengaruh pada karakteristik rasa (Wintgens, 2004).

2.4.3 *Semi-Washed*

Metode *semi-washed*, atau dikenal juga sebagai *pulped natural*, adalah metode pengolahan yang memadukan teknik basah dan kering. Proses ini melibatkan pengupasan kulit luar buah, namun tetap membiarkan sebagian lendir menempel pada biji selama pengeringan.

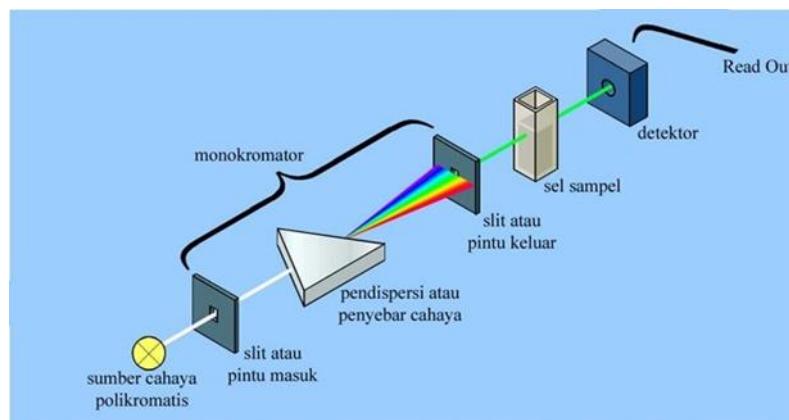
Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Pemanenan: Buah kopi yang matang dipetik dengan cara manual untuk menjaga kualitas.
2. Pembersihan: Buah kopi dibersihkan dari kotoran yang menempel.
3. Pengupasan Kulit Luar: Kulit luar dikupas menggunakan mesin, namun lendir tidak sepenuhnya dihilangkan.
4. (Opsional) Fermentasi Singkat: Dalam beberapa kasus, dilakukan fermentasi singkat untuk membantu mengurangi lendir.
5. Pengeringan: Biji kopi dikeringkan sambil dibalik secara berkala untuk menghindari pertumbuhan jamur.
6. Pembersihan Sisa Lendir: Setelah kering, sisa lendir dibersihkan.
7. Sortasi: Biji kopi dipisahkan dan disortir berdasarkan ukuran serta kualitas.
8. Penyimpanan: Biji yang telah bersih disimpan di tempat yang kering sebelum proses disangrai.

Metode ini menghasilkan kopi dengan rasa yang seimbang antara manis dan asam, serta tekstur yang lembut. Karakteristik rasa dari metode *semi-washed* berada di antara rasa cerah dari kopi *washed* dan rasa kuat dari kopi *natural* (Wintgens, 2004).

2.5 Prinsip Kerja *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*

Benchtop UV-Visible Spectroscopy memanfaatkan dua sumber cahaya yang berbeda: sinar Deuterium untuk mengukur cahaya ultraviolet dan sinar *Wolfram* untuk cahaya tampak. Konsentrasi senyawa diukur berdasarkan jumlah cahaya yang diserap oleh sampel yang diuji (Balai Teknologi Polimer, 2020). Detail prosedur *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* bisa dilihat melalui Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Prinsip Kerja Dari *Benchtopi UV Visible Spectroscopy* (Balai Teknologi Polimer, 2020).

Benchtop UV-Visible Spectroscopy merupakan metode analisis instrumental yang memanfaatkan spektrum ultraviolet (UV) dan cahaya tampak (visible) untuk mengenali serta mengukur karakteristik optik suatu bahan. Prinsip kerja teknik ini didasarkan pada pengukuran tingkat transmitansi (%T atau T) dan absorbansi (A) pada berbagai panjang gelombang cahaya.

Secara umum, sistem *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* terdiri atas dua komponen utama, yaitu spektrometer dan fotometer. Spektrometer berperan sebagai penghasil sumber cahaya dengan rentang panjang gelombang tertentu yang diarahkan ke sampel, sementara fotometer berfungsi untuk mendeteksi serta mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan maupun diserap oleh sampel (Balai Teknologi Polimer, 2020). Peran *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* adalah untuk menentukan cahaya yang diteruskan, dipantulkan, atau diserap berdasarkan panjang gelombangnya. Dalam prosesnya, cahaya polikromatik dialihkan melalui monokromator yang mengubahnya menjadi cahaya monokromatik sebelum melewati sampel yang ditempatkan dalam kuvet pada panjang gelombang

spesifik. Setelah melewati sampel, cahaya tersebut diukur absorbansinya oleh detektor (Balai Teknologi Polimer, 2020).

Benchtop UV-Visible Spectroscopy dapat diterapkan untuk analisis kuantitatif maupun kualitatif dari komponen suatu sampel. Untuk analisis kuantitatif, puncak-puncak pada spektrum yang muncul pada panjang gelombang tertentu digunakan untuk mengidentifikasi; untuk analisis kualitatif, nilai absorbansi yang terkait dengan konsentrasi senyawa kompleks diukur dengan menggunakan kompleksor yang sesuai. Pembentukan warna terjadi ketika bahan peng kompleks ditambahkan, yang memantulkan cahaya pada komponen yang ingin dianalisis (Noviarty dan Angraini, 2013).

Panjang gelombang pada daerah ultraviolet (200–350 nm) dan cahaya tampak (350–800 nm) dapat diukur menggunakan teknik *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*. Prinsip pengukuran ini didasarkan pada proses absorpsi cahaya, di mana elektron dalam molekul mengalami transisi dari orbital berenergi rendah menuju orbital berenergi tinggi. Perubahan intensitas cahaya yang diteruskan maupun diserap oleh sampel kemudian terdeteksi oleh detektor, yang berfungsi mencatat perbedaan energi tersebut.

Dalam setiap proses analisis, panjang gelombang cahaya yang digunakan bergantung pada jenis senyawa atau warna kompleks yang terbentuk. Nilai panjang gelombang dan absorbansi yang terkait dengan jenis transisi elektron tertentu akan ditampilkan dalam bentuk spektrum serapan yang direkam oleh sistem deteksi. Panjang gelombang yang diserap serta tingkat absorbansi yang terukur memiliki hubungan langsung dengan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan elektron antar tingkat energi (Balai Teknologi Polimer, 2020).

Konsentrasi cahaya yang diserap dipakai guna menjadi penentu konsentrasi bahan dalam sampel. Sehubungan dengan absorbansi cahaya, Elektron menuju tingkat energi tinggi dari tingkat energi rendah. Detektor mencatat data berupa panjang gelombang dan nilai absorbansi yang tergantung pada jenis elektron yang terlibat dalam analisis. Semakin panjang gelombang yang diserap, semakin mudah elektron menyerap energi (Balai Teknologi Polimer, 2020).

Alat penelitian yang digunakan untuk mengukur absorbansi zat terhadap radiasi elektromagnetik adalah spektrometer. Dalam *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*, elemen seperti sumber cahaya, monokromator, kuvet, detektor, penguat arus, dan alat perekam digunakan. Selain itu, metode ini bisa dipakai guna pemeriksaan subyektif sebagai informasi tambahan. *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* dalam penelitian ini dipakai guna memeriksa ketelitian rentang panjang gelombang dan menentukan panjang gelombang ekstrem. Dengan teknik ini, ada tiga kategori analisis kuantitatif yang berbeda: analisis kuantitatif terhadap zat tunggal, campuran dua zat, dan campuran tiga atau lebih zat (Fatoni, 2015).

Interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan molekul maupun atom suatu zat kimia dapat diukur menggunakan spektrometer pada panjang gelombang tertentu yang bersifat mendekati monokromatik. Prinsip dasar pengukuran ini didasarkan pada konsep bahwa penyerapan cahaya elektromagnetik terjadi ketika frekuensi radiasi yang datang sebanding dengan frekuensi getaran partikel dari zat tersebut, sehingga energi foton dapat diserap dan menyebabkan terjadinya transisi energi pada partikel.

Rentang ultraviolet (UV) 190–380 nm dan rentang cahaya tampak (Vis) 380–780 nm, masing-masing, memungkinkan elektron terikat dan tidak terikat untuk menyerap energi. Rentang ini berkisar dari 220 nm hingga 800 nm (Henry dkk, 2002).

Prosedur kerja *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* melibatkan beberapa langkah berikut:

1. Cahaya dari sumber diarahkan ke monokromator.
2. Cahaya yang keluar dari monokromator dialihkan melalui sampel menggunakan cermin berputar.
3. Saat cahaya melewati sampel, detektor mengubahnya menjadi sinyal listrik.
4. Data yang diproses kemudian disimpan menggunakan USB (*Universal Serial Bus*).

2.6 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan suatu proses pemisahan senyawa kimia tertentu dari campurannya dengan menggunakan pelarut yang memiliki tingkat kepolaran sesuai dengan karakteristik senyawa target. Pemilihan metode ekstraksi didasarkan pada sifat fisik dan kimia senyawa yang akan diisolasi. Secara prinsip, pelarut polar digunakan untuk mengekstraksi senyawa polar, sedangkan pelarut nonpolar digunakan untuk melarutkan senyawa nonpolar. Kelarutan suatu senyawa dalam campuran uji menentukan kemampuannya untuk larut. Air sebagai pelarut sering dipilih karena mampu melarutkan senyawa dengan aktivitas alami yang tinggi, sehingga cocok untuk ekstraksi kopi. Pada penelitian ini, ekstraksi kopi dilakukan menggunakan air suling dengan kondisi lembut, sesuai dengan metode yang digunakan oleh (Handayani, 2016).

2.7 *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*

Benchtop UV-Visible Spectroscopy merupakan suatu teknik analisis *spektroskopi* yang digunakan untuk mengukur kemampuan suatu senyawa dalam menyerap radiasi elektromagnetik pada rentang panjang gelombang tertentu, yaitu dari wilayah ultraviolet (200–400 nm) hingga cahaya tampak (400–800 nm). Proses penyerapan cahaya ini terjadi akibat adanya transisi elektron dari orbital berenergi rendah menuju orbital berenergi tinggi. Rentang panjang gelombang yang digunakan bergantung pada tingkat kemudahan perpindahan elektron di dalam molekul senyawa tersebut.

Dalam penentuan kadar kafein, berbagai metode analisis dapat digunakan, antara lain *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*, *elektroanalisis*, *kromatografi gas*, serta *Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (High Performance Liquid Chromatography/HPLC)*. Fokus penelitian ini diarahkan pada pemanfaatan *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* untuk mengukur konsentrasi kafein dalam sampel kopi seduh melalui proses ekstraksi menggunakan pelarut kloroform, kemudian dianalisis berdasarkan pola penyerapan spektrum yang dihasilkan (Maramis dkk, 2013).

2.8 Metode *Soft Independent Modelling of Class Analogy* (SIMCA)

Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA) merupakan salah satu metode analisis multivariat yang digunakan untuk memodelkan dan mengelompokkan data berdasarkan karakteristik tertentu. Pendekatan ini berfungsi untuk mengklasifikasikan data ke dalam kelompok yang sesuai dengan pola atau informasi yang telah diperoleh dari proses pembelajaran sebelumnya. Proses ini melibatkan pembuatan model *PCA* (*Principal Component Analysis*) untuk setiap kategori dan mengkategorikan data berdasarkan model tersebut. Hasil dari SIMCA biasanya berupa tabel yang menunjukkan kategori mana yang relevan dengan data. Implementasi SIMCA mencakup tiga langkah utama: kalibrasi, validasi, dan ekspektasi. Kalibrasi dilakukan dengan data tes untuk membangun model SIMCA, validasi digunakan untuk menilai konsistensi model, dan ekspektasi mengevaluasi performa model setelah kalibrasi dan validasi. Dengan cara ini, diharapkan klasifikasi data menjadi lebih efektif sesuai dengan studi sebelumnya (Suhandy dkk, 2018).

Dalam penerapan SIMCA pada *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*, metode ini membagi proses menjadi dua kelompok dan menggunakan deviasi standar residu untuk klasifikasi. Setiap kategori memiliki batas deviasi standar tertentu yang menandakan relevansi data terhadap kategori tersebut. Penelitian menunjukkan bahwa SIMCA sangat efektif dalam mengidentifikasi jenis kopi, seperti kopi lanang dan kopi normal, dengan akurasi 100% dalam hal presisi, keterjangkauan, dan spesifitas. Hasil ini menunjukkan bahwa metode yang sama bisa diterapkan pada jenis analisis lainnya. SIMCA adalah teknik analisis multivariat yang mengelompokkan data ke dalam kategori berdasarkan model PCA berbagai kategori. Hasil SIMCA berwujud tabel klasifikasi yang menunjukkan apakah data masuk dalam satu atau beberapa kategori, atau tidak sama sekali (Nurcahyo, 2015).

SIMCA dan PCA adalah teknik analisis multivariat yang memisahkan data dalam rentang tertentu dan menerapkannya untuk analisis subjektif dan kuantitatif. Kedua teknik ini bertujuan untuk menyederhanakan faktor-faktor yang menjelaskan sifat atau karakteristik kimia menjadi sejumlah faktor yang lebih sedikit dan lebih independen (Mubayinah dkk, 2016).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang berlangsung pada periode September 2024 hingga Desember 2024.

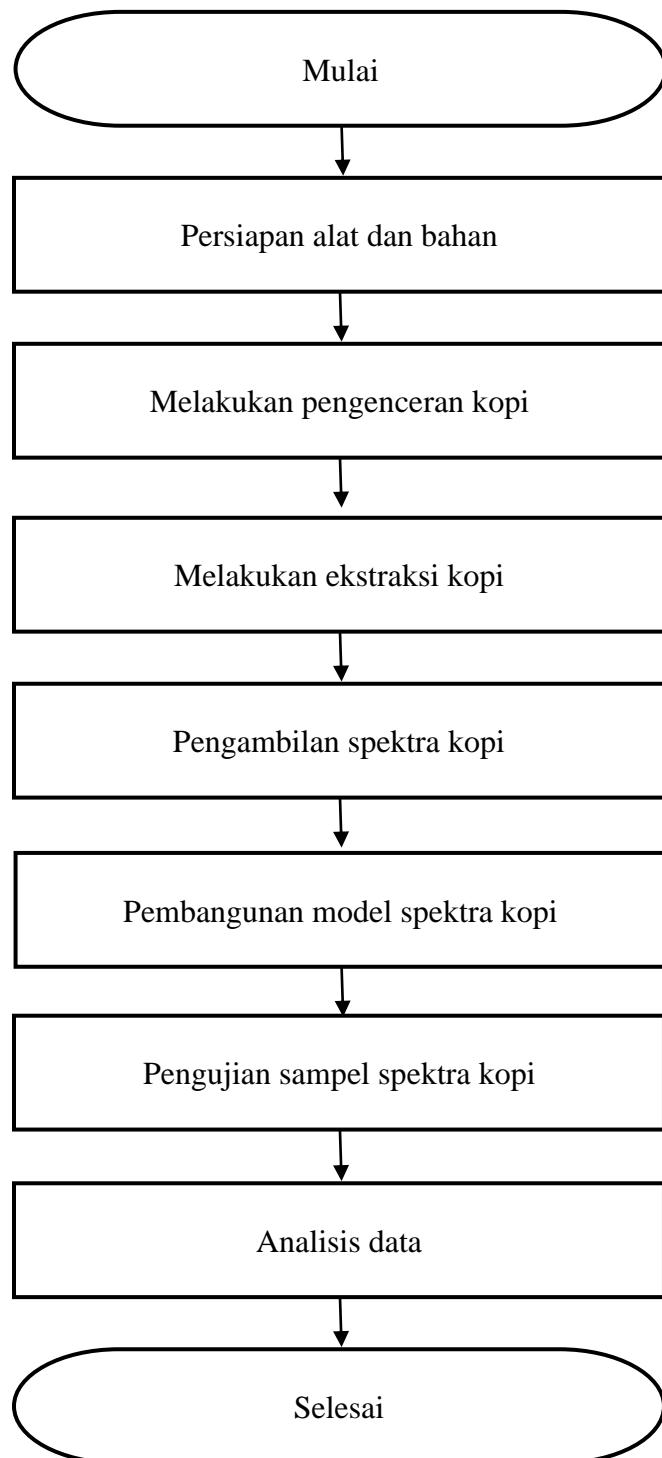
3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan digital, pipet ukur, gelas ukur, kertas saring, saringan kopi, *magnetic stirrer II, timer, beaker glass, labu ukur, Benchtop UV-Visible Spectroscopy (Genesys 10s, Thermo Scientific, USA), mesh no. 40, kuvet, aluminium foil, labu Erlenmeyer 50 mL*, pemanas air, toples, termometer, spatula, tisu, serta corong plastik.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas akuades dan bubuk kopi Mandailing serta Wamena sebagai sampel utama.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini meliputi beberapa tahapan, yaitu persiapan alat dan bahan, proses ekstraksi sampel kopi, tahap pengenceran, pengumpulan data spektrum, pembuatan serta pengujian model, dan analisis hasil. Rangkaian tahapan tersebut dapat dilihat secara lebih jelas pada diagram alir penelitian yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Penelitian.

3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Tahap awal dalam pelaksanaan penelitian diawali dengan proses persiapan alat dan bahan secara cermat guna memastikan kelancaran serta ketepatan prosedur eksperimen yang akan dilakukan. Penting untuk memeriksa semua peralatan secara menyeluruh untuk memastikan kondisinya baik dan siap pakai. Dengan peralatan yang optimal, penelitian dapat dilakukan dengan lancar dan hasil yang diperoleh akan maksimal. Dalam penelitian ini, persiapan meliputi alat untuk menggiling kopi, mengayak, menimbang, membuat larutan kopi, mengaduk, menyaring, serta mencairkan.

3.3.2 Penggilingan Kopi

Proses penggilingan kopi bertujuan untuk mempermudah tahapan ekstraksi dengan cara memperkecil ukuran partikel, sehingga luas permukaan kontak antara sampel dan pelarut meningkat selama proses pengambilan sampel. Mesin penggiling kopi Sayota dengan kekuatan 180 watt digunakan untuk proses ini. Proses penggilingan berlangsung selama 5 menit dan menghasilkan bubuk kopi yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penggilingan Kopi Sayota 180 watt.

3.3.3 Pengayakan Kopi

Tujuan pengayakan adalah untuk menghasilkan partikel kopi yang berukuran sama. Menurut Sambudi (2018), proses ini melibatkan penggunaan *ayakan Tyler Meinzer II bernomor 40*, yang memiliki ukuran jaring 0,419 mm. Seperti yang

ditunjukkan pada Gambar 4 di bawah, kuas digunakan untuk mempercepat aliran bubuk kopi dari ayakan.



Gambar 4. Pengayakan Kopi.

3.3.4 Penimbangan Kopi

Untuk sampel kopi Mandheling dan Wamena, timbangan dikerjakan selaras dengan formula bahan yang direncanakan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, yang menunjukkan nomor sampel dan informasi komposisinya.



Gambar 5. Penimbangan Kopi.

3.3.5 Pembuatan Larutan Kopi

Untuk pengujian dengan *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*, bubuk sampel harus diubah menjadi larutan. Langkah pertama adalah menimbang sampel, kemudian memasukkannya ke dalam gelas ukur dan melarutkannya dengan 50 ml aquades

pada suhu 90-100°C, seperti yang terlihat pada Gambar 6 di bawah.



Gambar 6. Pembuatan Larutan Kopi.

3.3.6 Pengadukan Larutan Kopi

Proses pencampuran sampel menggunakan *magnetic stirrer* merek Ciblanc, dengan homogenisasi sampel yang berlangsung selama 10 menit, seperti Gambar 7.



Gambar 7. Pengadukan Larutan Kopi.

3.3.7 Penyaringan Larutan Kopi

Setelah sampel mencapai kondisi homogen, proses penyaringan dilakukan untuk memisahkan ampas kopi dari ekstraknya. Kertas saring digunakan dalam corong yang diposisikan di atas gelas ukur, sebagaimana gambar 8 berikut.



Gambar 8. Penyaringan Kopi.

3.3.8 Pengenceran Kopi

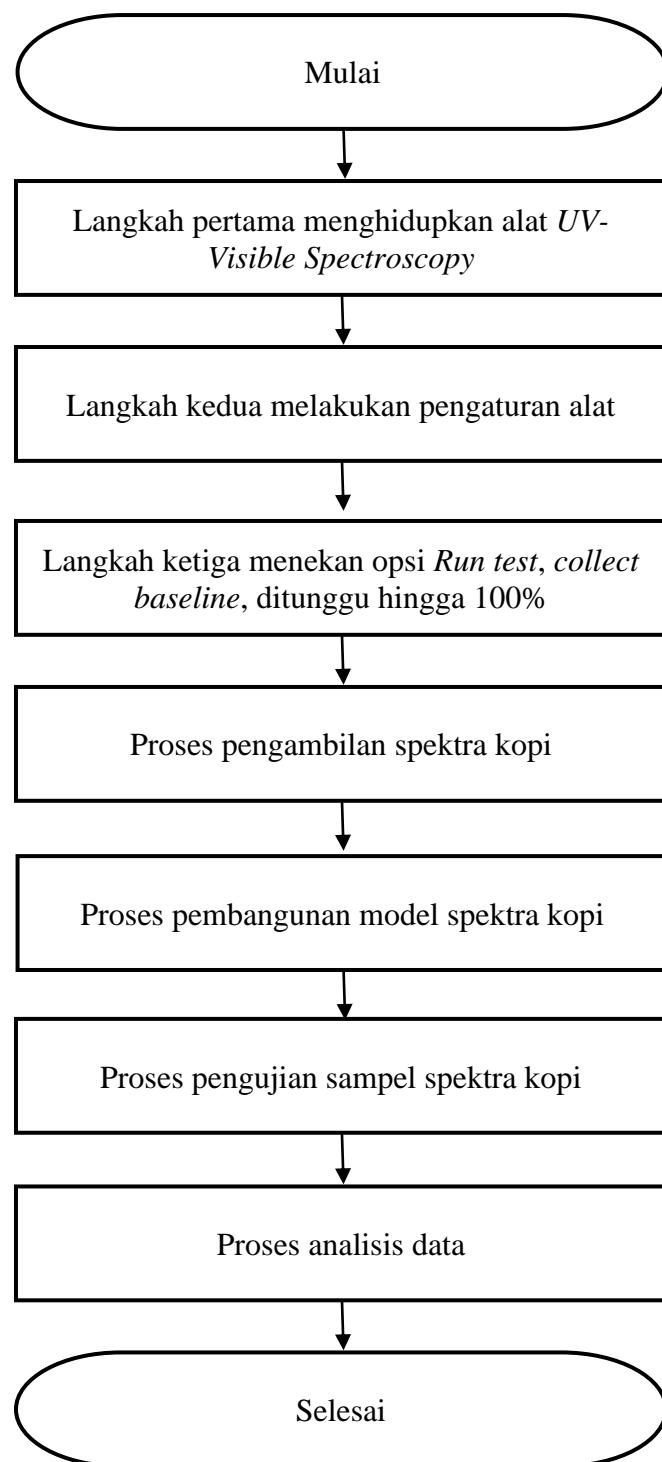
Ekstrak kopi yang telah disaring kemudian diencerkan dengan aquades dalam rasio 1:20. Rasio ini dipilih karena pada tingkat pengenceran ini, nilai absorban yang terukur masih jelas, dan rasio ini telah ditentukan berdasarkan penelitian awal. Berikut adalah dokumentasi proses pengenceran yang di tampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengenceran Larutan Kopi.

3.4 Pengambilan Spektra Menggunakan *Benchtop UV- Visible Spectroscopy*

Pengumpulan spektra dengan memakai alat *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* ultraviolet yang terlihat, yang didokumentasikan bersama diagram alir, ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Alir Prosedur Pengoprasiian *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*.

3.4.1 Membangun dan Menguji Model

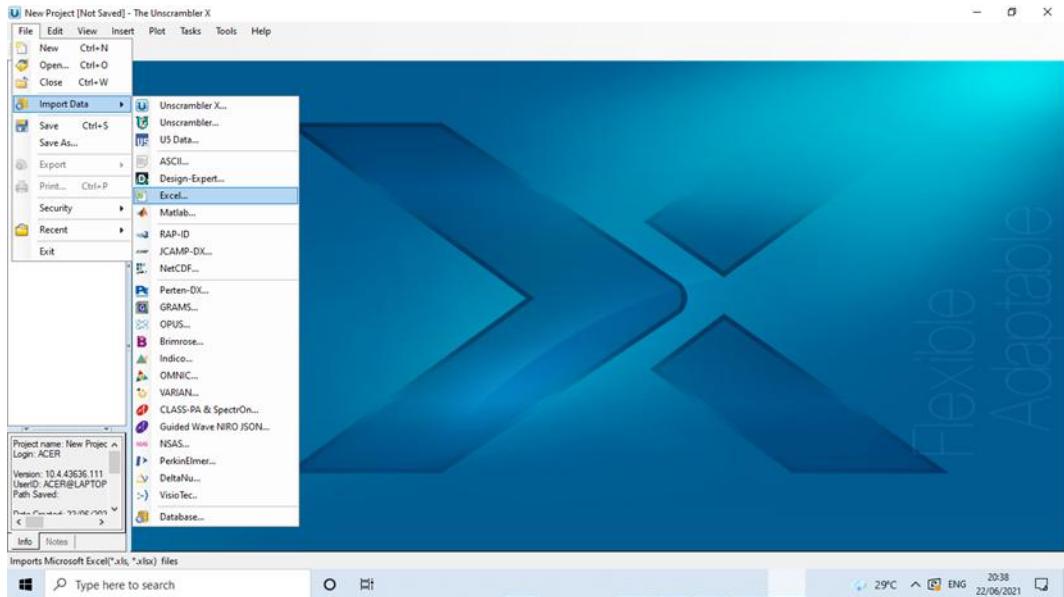
Program perangkat lunak pada aplikasi *The Unscrambler versi 10.4* digunakan oleh peneliti untuk menganalisis data multivariant dengan metode PCA dan SIMCA.

3.4.2 Analisis Data

Proses analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *The Unscrambler versi 10.4*, yang berfungsi dalam pengembangan model klasifikasi sampel. Model tersebut dibangun berdasarkan metode *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA) dan *Principal Component Analysis* (PCA). Penerapan analisis multivariat ini diperlukan untuk memperkirakan konsentrasi serta membedakan karakteristik dari berbagai jenis sampel kopi yang dianalisis. Sebelum melaksanakan analisis SIMCA, data dipindahkan dari *flashdisk* ke *Microsoft Excel*. Setelah itu, data dibersihkan tujuh kali untuk mengisi kekosongan, sehingga keakuratan data saat analisis dapat terjamin. Data yang menghilang digantikan dengan rata-rata dari variabel yang relevan. Setelah data siap, pengolahan dilakukan dengan *The Unscrambler versi 10.4*. Sebelum penerapan analisis *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA), dilakukan pembuatan grafik spektrum absorbansi dengan cara memblock data nilai absorbansi, kemudian memilih menu *Plot* dan dilanjutkan dengan memilih opsi *Line* untuk menampilkan kurva spektra.

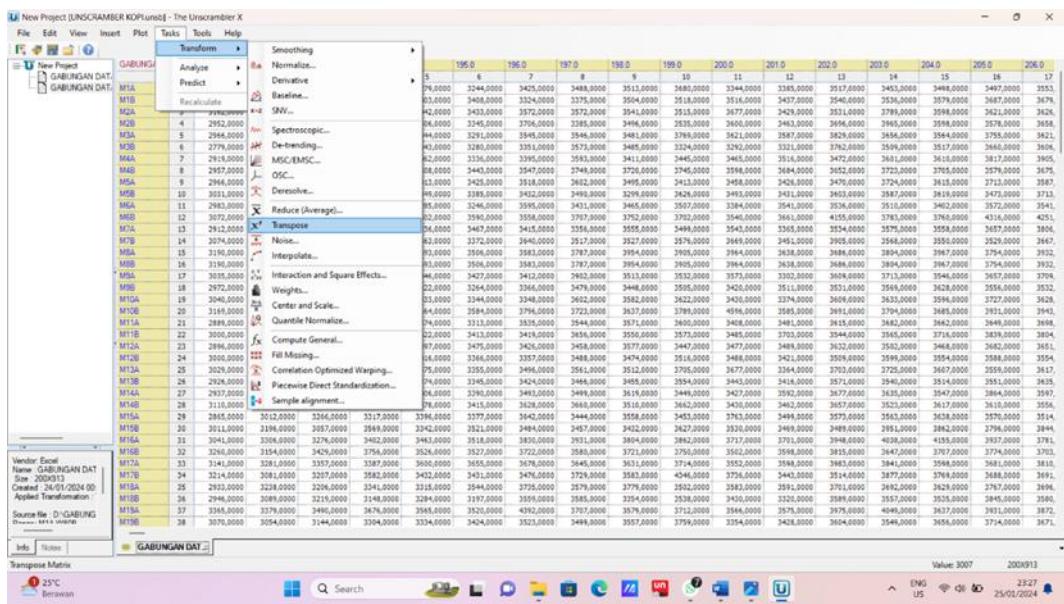
3.4.3 Principal Component Analisys (PCA)

Dalam penelitian studi ini, data dikumpulkan menggunakan *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* dari 100 sampel kopi Mandeling dan 100 sampel kopi Wamena. Setelah data absorbansi diperoleh, semua data digabungkan ke *file Microsoft Excel 97-2003*. Kemudian analisis dilakukan terhadap *file* ini dengan aplikasi *The Unscrambler versi 10.4*. Langkah berikutnya adalah membuka aplikasi tersebut untuk menganalisis data sampel, memilih *file*, lalu mengklik *opsi* untuk mengimpor data, dan memilih *format Excel* untuk memuat *file Microsoft Excel 97-2003* yang akan dianalisis, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11.



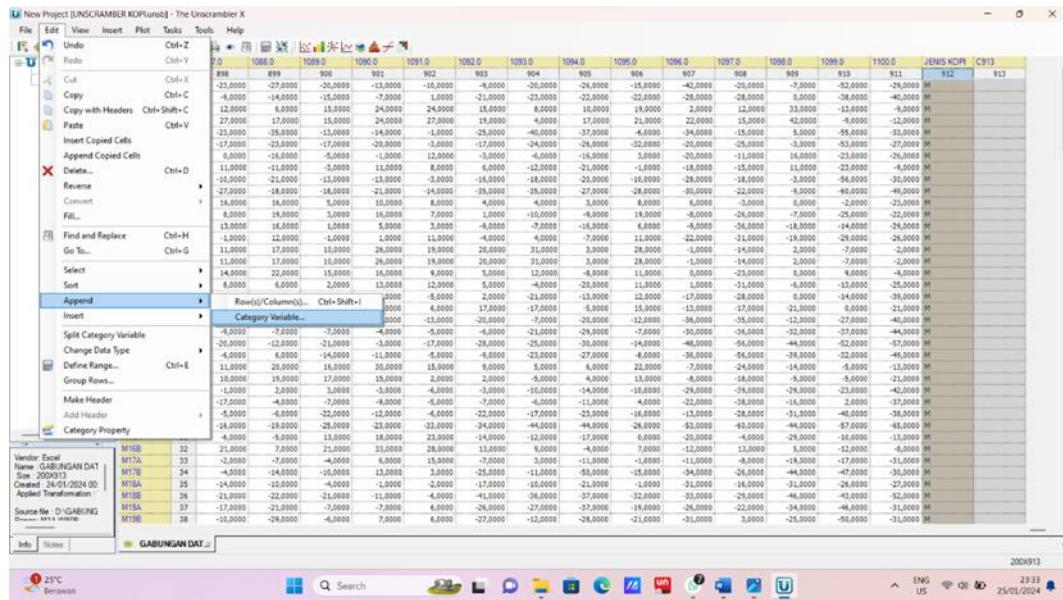
Gambar 11. Proses Memasukan Data dari Microsoft Excel ke The Unscrambler 10.4.

Data yang ditampilkan pada jendela The Unscrambler 10.4, langkah berikutnya adalah mentransposenya dengan cara mengklik menu task, memilih opsi transform, dan kemudian memilih transpose yang ditampilkan pada Gambar 12.



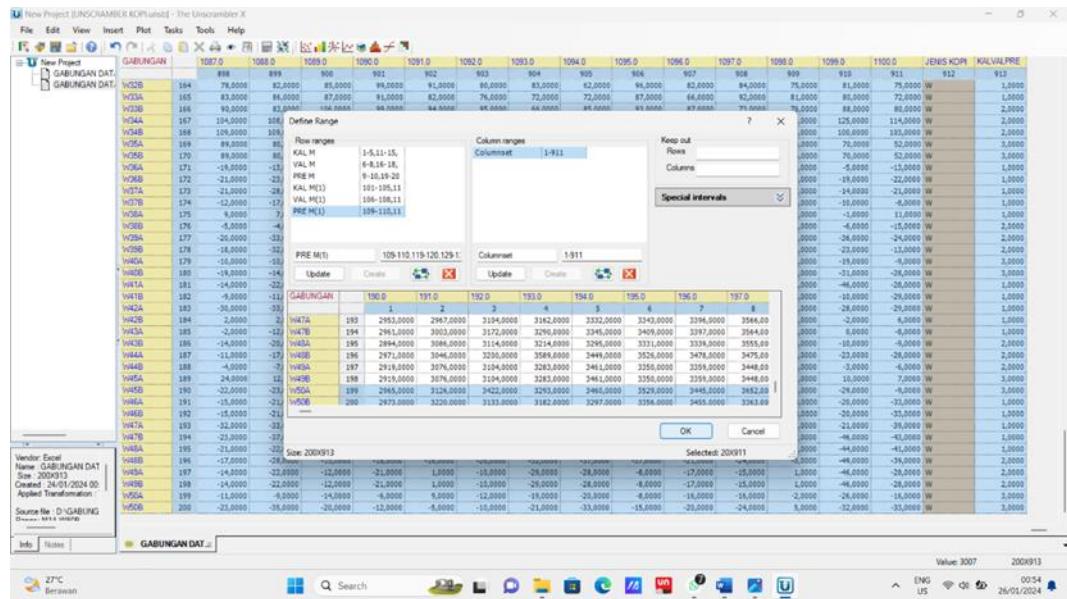
Gambar 12. Proses Langkah Transpose Data Pada The Unscrambler 10.4.

Untuk menghitung nilai PCA di *The Unscrambler 10.4*, Anda perlu melakukan sejumlah tindakan. Pertama, pilih menu *Edit*. Kemudian, pilih *Append*. Kemudian, isikan Nama Kategori Variabel dengan “Jenis Kopi”, lalu klik *Next*. Terakhir, masukkan Nama Tingkat dengan M dan W dapat dilihat pada Gambar 13.



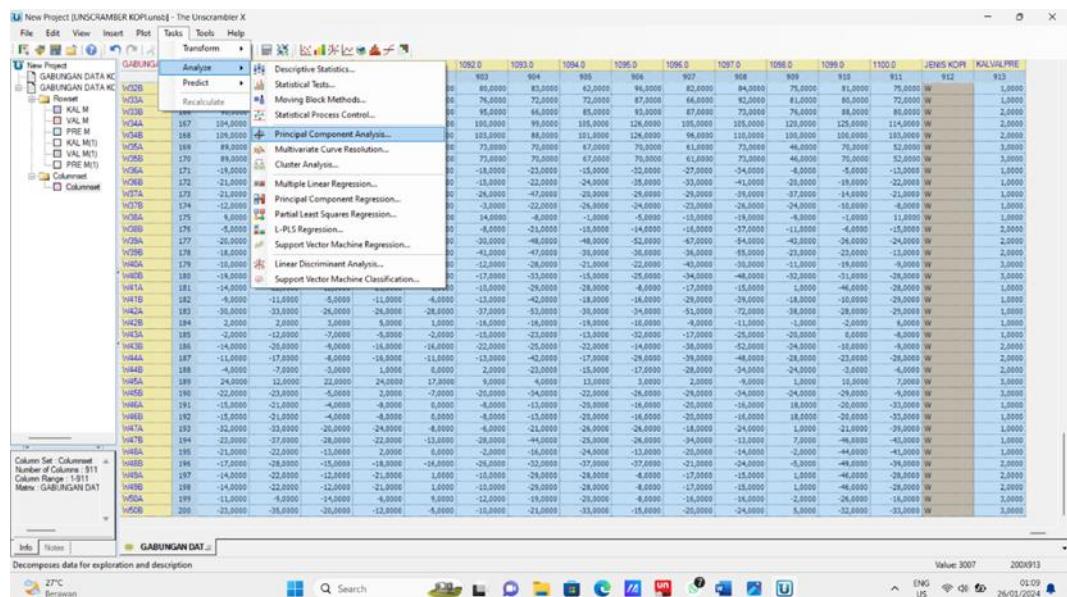
Gambar 13. Cara Merancang Kolom *Category Variable*.

Pada tahap awal, kolom Jenis Kopi diisi sesuai dengan kategori masing-masing sampel yang dianalisis. Sebelum dilakukan proses *Principal Component Analysis* (PCA), data terlebih dahulu dikelompokkan berdasarkan kategori sampel dan variabel yang relevan. Proses pengelompokan dilakukan melalui menu *Modify*, kemudian memilih opsi *Edit-set*, di mana seluruh sampel dimasukkan ke dalam sample set dan seluruh variabel dimasukkan ke dalam variable set. Tampilan antarmuka dari menu *Edit-set* dapat dilihat pada Gambar 14.



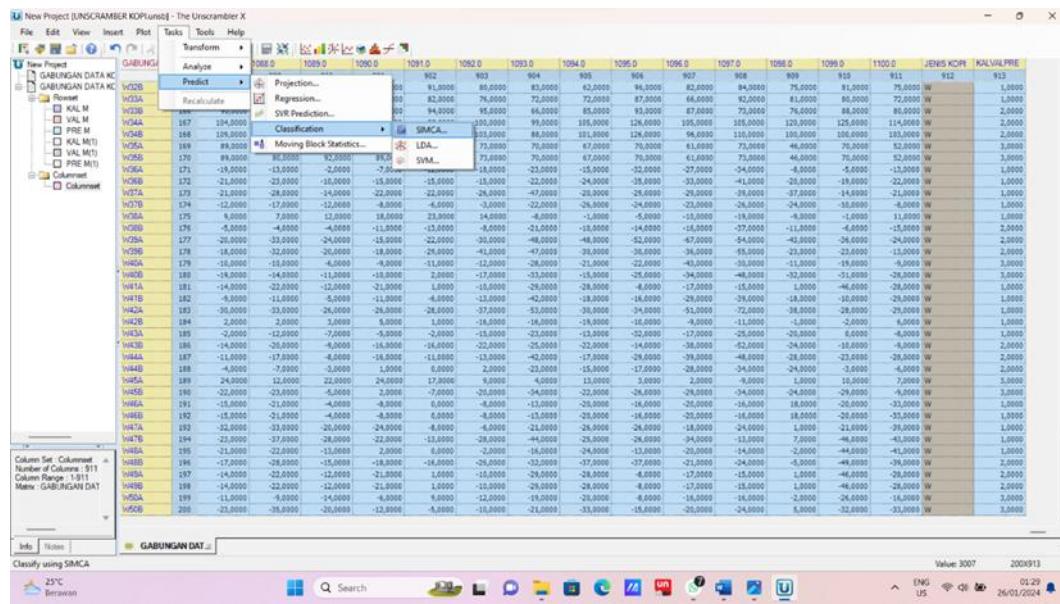
Gambar 14. Menu Edit Set.

Langkah Selanjutnya melakukan analisis dilakukan memakai metode PCA dengan langkah-langkah sebagai berikut: pilih *menu task*, lalu pilih PCA, setelah itu pilih *Tasks*, dan pilih PCA lagi. Selanjutnya, dengan menekan *klik validasi test set*, pilih *Set up*, dan masukkan dengan jumlah data yang sudah divalidasi sesuai dengan yang tertera pada sampel di Gambar 15.

Gambar 15. Menu Analisis PCA Pada Aplikasi *The Unscrambler* versi 10.4.

3.4.4 Mengembangkan Model dengan Metode *Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)*

Proses berikutnya adalah membuat model SIMCA setelah memperoleh hasil PCA yang ideal. Lihat Gambar 20 untuk membuka *menu* data SIMCA. Setelah menerapkan PCA pada jenis kopi Luwak liar, ternak, dan campuran, pilih menu Tugas, lalu pilih opsi prediksi, lalu klik klasifikasi. Selanjutnya, masukkan data ke kolom baris dengan prediksi gabungan, kolom baris dengan panjang gelombang *Benchtop UV-Visible Spectroscopy*, dan kolom kelas model dengan sampel kalibrasi dan validasi. Setelah Anda *klik tambah*, *klik ok*.



Gambar 16. Menu SIMCA.

3.4.5 *Pretreatment*

Langkah awal dalam persiapan data bertujuan mengurangi gangguan *noise* dan interferensi pada data spektra untuk meningkatkan kestabilan dan akurasi model. Sebelum membuat model analisis, langkah persiapan ini dilakukan pada data spektra asli, baik untuk kalibrasi maupun prediksi (Sukarye, 2018). Ada berbagai metode persiapan yang bisa digunakan dalam membenahi kualitas spektra yang dihasilkan (Prieto, 2017).

a. *Smoothing Moving Average (SMA)*

Smoothing Moving Average merupakan teknik pra-pemrosesan yang dirancang untuk mengurangi gangguan dalam data. Biasanya, teknik ini digabungkan dengan metode pengolahan data dasar untuk mengurangi tingkat *noise*. Berikut adalah rumus perhitungannya:

Keterangan :

S_j : Nilai rata-rata halus pada panjang gelombang ke-j

Y_j : Nilai Spektrum asli pada panjang gelombang ke- j

J : Indeks panjang gelombang

n : Total segmen

Rumus ini bisa diadaptasi guna berbagai jumlah segmen, pembagi, dan penyebut yang diinginkan. Jika bilangan ganjil dipilih sebagai jumlah segmen, hasil dari metode *Smoothing Moving Average* akan berada di tengah. Rumus ini awalnya dirancang untuk segmen berukuran 3, dan pembagi serta penyebut akan diatur sesuai dengan jumlah segmen yang diterapkan. Penggunaan jumlah segmen dengan bilangan ganjil pada proses *Smoothing Moving Average* menghasilkan data yang terpusat pada nilai tengah, sehingga distribusi hasil perataan menjadi lebih seimbang.

b. First and Second Derivative (D1 dan D2)

Derivatif Pertama dan Kedua, atau *Derivatif Savitzky-Golay*, adalah metode untuk meningkatkan kualitas dan mengurangi spektrum latar belakang. Derivatif ini dapat memperlihatkan lebih jelas puncak dan lembah pada spektrum absorbansi data NIRS. Derivatif Pertama dan Kedua adalah teknik lama dalam spektroskopi yang efektif untuk menampilkan informasi tersembunyi dari spektrum. Hal ini disebabkan oleh adanya transformasi yang mengubah orientasi baris, yang dapat mempengaruhi data sel pada baris horizontal. Rumus untuk perhitungan Derivatif Pertama dan Kedua dapat dilihat dalam karya (Kusumaningrum dkk, 2018).

Keterangan:

X_j : nilai terbaik yang ditentukan dengan kriteria nilai kuadrat terkecil
J : menunjukkan indeks yang merusuk pada data kordinat dalam matriks
C_j : pembulatan hasil integrasi (dalam nilai satu)
N : faktor normalisasi yang merupakan total jumlah bilangan bulat (Prieto, 2017)

c. *Multiplicative Scatter Correction (MSC)*

Koreksi *Scatter Multiplikatif* adalah metode pra-pemrosesan yang dirancang untuk mengurangi efek amplifikasi (*multiplikatif, scatter*) dan offset (aditif, kimia) dari spektrum. MSC berfungsi untuk mengimbangi penyebaran cahaya dalam data spektroskopi. Tujuan dari pra-pemrosesan ini adalah untuk menyamakan pola cahaya sehingga distribusinya konsisten.

Berikut adalah rumus yang diimplementasikan dalam metode *Multiplicative Scatter Correction* (MSC).

$$X_{i,MSC} = \frac{x_{org-a_i}}{b_i} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

Berikut adalah paraphrase dari kalimat yang diberikan:

Keterangan:

Xi, MSC : Nilai spektrum yang telah dikoreksi (matriks data)

Xorg : Nilai Spektrum asli

\bar{x}_j : Nilai rata-rata spektrum

ei : Nilai kesalahan

bi : Nilai kemiringan

ai : Nilai intercept

i : Indeks sampel

j : Indeks papan

For more information, contact the Office of the Secretary of State, 100 North 14th Street, Suite 100, Oklahoma City, Oklahoma 73101.

d. Standard Normal Variate (SNV)

Metode ini digunakan prosedur pra-perlakuan bertujuan untuk mengurangi efek hamburan spektrum dengan memusatkan dan menskalakan spektrum secara terpisah. sama halnya dengan metode MSC, tujuan dari SNV adalah untuk menghilangkan gangguan hamburan pada data spektrum. SNV bertujuan untuk mengatasi gangguan yang disebabkan oleh variasi dalam distribusi dan ukuran partikel. Sebagaimana ide sajikan pada persamaan yang diimplementasikan dalam metode SNV.

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}{K-1}} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

Keterangan:

s_i : Standar deviasi

K : Jumlah data dalam sampel i

i : Indeks yang mewakili sampel

k : Indeks yang mewakili panjang gelombang

x_{ik} : Nilai spektrum asli pada sampel I untuk panjang gelombang k

\bar{x}_i : Nilai rata-rata dari sampel i

e. Menguji Model Menggunakan Matriks Konfusi

Matrik konfusi adalah hasil dari proses klasifikasi sampel menggunakan metode SIMCA, yang ditampilkan dalam bentuk tabel. Fungsi utama matrik konfusi adalah untuk mengevaluasi dan memprediksi keakuratan klasifikasi objek, baik yang tepat maupun yang tidak tepat. Matrik konfusi menghasilkan beberapa metrik, termasuk akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan error (Lavine dkk, 2009). Dalam penelitian ini, matrik konfusi digunakan untuk menghitung nilai-nilai yang dihasilkan dari matriks tersebut, yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks Konfusi.

	Kelas A (aktual)	Kelas B (aktual)
Hasil model SIMCA A	a	b
Hasil model SIMCA B	c	d

Perhitungan:

1. Akurasi (AC) $= \frac{a+b}{a+b+c+d} \times 100\%$
2. Sensitivitas (S) $= \frac{a+c}{a+b+c+d} \times 100\%$
3. Spesifisitas (SP) $= \frac{a+d}{a+b+c+d} \times 100\%$
4. Error $= \frac{b+c}{a+b+c+d} \times 100\%$

Keterangan:

- a. Sampel dari Kelas A yang dikategorikan dengan benar sebagai Kelas A (Positif Benar)
- b. Sampel Contoh dari Kelas A yang dikategorikan sebagai kelas yang salah (Positif Palsu)
- c. Sampel Contoh dari Kelas B yang dikategorikan sebagai kelas yang salah (Negatif Palsu)
- d. Sampel Contoh dari Kelas B yang dikategorikan dengan benar sebagai Kelas B (Negatif Benar)

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Hasil pada penelitian ini mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan model SIMCA yang dipakai guna menguji keaslian kopi telah berhasil mengklasifikasikan sampel dengan baik, yang berarti bahwa uji keaslian kopi pada kelas sampel Mandailing dan Wamena berhasil berdasarkan kemampuan penyerapan pada masing-masing cahaya sampel. Dapat disimpulkan bahwa klasifikasi kopi Mandailing (M) dan kopi Wamena (W) diperoleh hasil buruk pada *original* dengan akurasi 86,1%, spesisifitas 94,1%, sensitivitas 78,9% dan eror 13,9%. Dan didapatkan hasil terbaik pada *Pretreatment Original+Moving Average 9 Segment* dengan akurasi 100,0%, spesifitas 100,0%, sensitivitas 100,0% dan eror 0%.
2. Hasil data alat *Benchtop UV-Visible Spectroscopy* menunjukkan bahwa sampel M dan W memiliki persentase PCA kumulatif sebesar 85%. Penggabungan perbaikan data awal dengan *Pretreatment Smoothing Moving Average 9 Segment* menghasilkan nilai persentase kumulatif sebesar 87%.

5.2 Saran

Saran penelitian mendatang, disarankan agar bisa dikembangkan lagi dan juga bisa menambah janis kopi dari daerah lain guna validitas hasil. Bagi para pelaku industri kopi penelitian ini cocok untuk memastikan keaslian kopi *single origin* Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, M.F. 2014. Analisis Keragaman Morfologi Koleksi Tanaman Kopi Arabika dan Robusta Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Sukabumi (Skripsi). Insitut Pertanian Bogor. Bogor. 54 hlm.
- Balai Teknologi Polimer. 2020. Pengujian Sampel Polimer dengan Alat UV-VIS. <https://polimer.bpppt.go.id/berita-dan-artikel/artikel/pengujian-dengan-alat-uv-vis..>
- BPS. 2014. Madina dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Mandailing Natal. Meryana, E. 2012. AEKI: Kopi Spesialti Indonesia Disukai AS dan Jepang. Diakses dari <http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2012/06/04/0727324/5/AEKI.Kopi.Spesialti.Indonesia.Disukai.AS.dan.Jepang> pada tanggal 29 september 2015.
- Cao, C., Wang, L., Lin, X., Mamcarz, M., Zhang, C., Bai, G., Nong, J., Sussman, S., & Arendash, G. 2011. *Caffeine synergizes with another coffee component to increase plasma GCSF*.: *Journal of Alzheimer's Disease*, 25(2): 323–335.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2015. Statistik Perkebunan Indonesia: Kopi. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta.
- Fatoni, A. 2015. Analisa Secara Kualitatif dan Kuantitatif Kadar Kafein dalam Kopi Bubuk Lokal yang Beredar di Kota Palembang Menggunakan *Uv-Visible Spectroscopy* (Laporan Penelitian Mandiri). Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Bhakti Pertiwi. Palembang. 28 hlm
- Gumulya, D., & Helmi, I. S. 2017. Kajian budaya minum kopi indonesia. *Jurnal Dimensi Seni Rupa dan Desain*. 13(2): 153-172.
- Handayani, F.N. 2016. Studi Penggunaan Metode Analisis Berbasis *Uv-Visible Spectroscopy* untuk Membedakan Kopi Luwak Asli dan Kopi Campuran Luwak-Robusta Secara Cepat (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung.46 hlm

- Henry, A. Suryadi, MT., dan Yanuar, A. 2002. Analisis *Uv-Visible Spectroscopy* pada Obat Influenza dengan Menggunakan Aplikasi Sistem Persamaan Linier. *Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT)*.Universitas Gunadarma. Jakarta. 11 hlm
- Hu, N., Yu, J. T., Tan, L., Wang, Y. L., Sun, L., and Tan, L. 2013. *Nutrition and the risk of alzheimer's disease. BioMed Research International*.
- Indrawanto C, Kamawati E, Munarso, Prastowo SJ, Rubijo B, Siswanto. 2010. Budidaya dan Pascapanen Kopi. Bogor(ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Kementerian Perindustrian (Kemenperin), 2016. Indonesia Ditargetkan Jadi Eksportir Utama Kopi Sangrai di Dunia. <http://www.kemenperin.go.id/artikel/16145/Indonesia-ditargetkan-jadi-eksportir-utama-kopi-sangrai-di-dunia>. Diakses pada tanggal 02 Oktober 2017.
- Kusumanigrum, s., Rahmawati, D., dan Putra, A. 2018. Analisis Derivatif Savitz-Golay Pada Data NIRS. *Jurnal Spektroskopi Indonesia*,
- Lavine, B. K., Walczak, B., Tauler, R., & Brown, S. 2009. *Comprehensive Chemometric: Chemical and Biochemical Data Analysis. Validation of Classifiers*, 587–599.
- Lavine, B.K. 2009. *Validation of classifiers. In: Walczak, B., Tauler, R., and Brown, S. (eds.) Comprehensive Chemometric : Chemometric Chemical and Biochemical Data Analysis Volume III. Elsievier. Oxford.*
- Luthfi, A. 2017. Proses Kebangkitan Kopi Arabika Java Preanger di Kecamatan Pangalengan. *Skripsi*. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Maramis, R. K., Citraningtyas, G., dan Wehantouw, F. 2013. Analisis Kafein Dalam Kopi Bubuk Di Kota Manado Menggunakan *Uv-Visible Spectroscopy Pharmacon*. 2(4): 122-128.
- Mubayinah, A., Kuswandi, B., dan Wulandari, L. 2016. Penentuan AdulterasiBabi pada Sampel Burger Sapi Menggunakan Metode NIR dan Kemometrik. *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*. 4(1): 35 – 40.
- Mulato, S., Widjotomo, S. dan Suharyanto, E. 2005. Petunjuk Teknis Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kopi. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember, Jawa Timur.

- Noviarty dan Angraini, D. 2013. Analisis Neodium Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir BATAN*. 11(6): 9-17
- Nurcahyo, B. 2015. Identifikasi dan Autentifikasi Meniran (*Phyllanthus niruri*) Menggunakan Spektrum Ultraviolet-Tampak dan Kemometrika. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 41 hlm.
- Panggabean, E. 2011. Buku Pintar Kopi. Agro Media Pustaka. Jakarta. 240 hlm.
- Pahlevi, R., Zakaria, W. A., dan Kalsum, U. 2014. Analisis Kelayakan Usaha Agroindustri Kopi Luwak. *Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*. 2(1) : 1-8.
- Periakaruppan, G., Seshadri, K. G., Vignesh Krishna, G. M., Mandava, R., Sai, V. P. M., & Rajendiran, S. 2018. *Correlation between ultrasound-based TIRADS and Bethesda System for reporting thyroid-cytopathology: 2-year experience at a tertiary care center in India. Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 22(5), 651-655.
- Prastowo, S. J., Kamawati, E., Rubijo, Siswanto, Indrawanto, C., dan Munarso, S. J. 2010. Budidaya dan Pascapanen Kopi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor.
- Prieto, B.G. 2017. *Novel Variable Influence on Projection (VIP) Methods in OPLS, O2PLS, and On PLS Models for Single- and Multiblock Variable Selection. (Thesis). Department of Chemistry Industrial Doctoral School, Umeå University. Swedan*. 120 hlm.
- Rahardjo, P. 2012. *Kopi*. Penebar Swadaya. Jakarta. 212 hlm
- Rismawati, S. 2019. Identifikasi Kandungan Kafein dan Warna RGB pada Kopi dengan Variasi Sangrai. Skripsi. Universitas Jember. Jawa Barat. 56 hlm
- Sambudi, S. 2018. Identifikasi keaslian kopi robusta dekafeinasi menggunakan teknologi UV-VIS spectroscopy dan kemometrika. Skripsi, Universitas Lampung.
- Santoso, B., 1999. Pendugaan Fungsi Keuntungan dan Skala Usaha pada Usahatani Kopi Rakyat di Lampung. Pusat Penelitian Agro Ekonomi. Bogor.
- Sinyor, B., Mineo, J., dan Ochner, C. 2020. *Alzheimer's Disease, Inflammation, and the Role of Antioxidants. Journal of Alzheimer's Disease Reports*, 4(1): 175–183

- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. 2014. *Principles of Instrumental Analysis (7th ed.). Cengage Learning.*
- Souto, U.T.C.P., Barbosa, M.F., Dantas, H.V., Pontes, A.S., Lyra, W.S., Diniz, P.H.G.D., Araujo, M.C.U., and Silva, E.C. 2015. *Identification of Adulteration in Ground Roasted Coffees Using Uv-Vis Spectroscopy and SPA-LDA. LWT-Food Science and Technology.* 63(2): 1037-1041.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2018. *The Classification of Arabica Gayo Wine Coffee Using Uv-Visible Spectroscopy and PCA-DA Method. MATECWeb of Conferences.* 197: 1-4.
- Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa, Y., & Kondo, N. 2018. Diskriminasi Kopi Lanang Menggunakan UV-Visible Spectroscopy dan Metode SIMCA. *Agritech*, 37(4), 471. <https://doi.org/10.22146/agritech.12720>
- Wintgens, J. N. (2004). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers.* Wiley-VCH.
- Sambudi, S. 2018. Identifikasi keaslian kopi robusta dekafinasi menggunakan teknologi UV-VIS spectroscopy dan kemometrika. Skripsi, Universitas Lampung.
- Suhandy, D., & Yulia, M. 2021. Uji Keaslian Kopi Bubuk Spesialti Arabika Gayo Aceh Menggunakan Spektroskopi UV dan Kemometrika. *Agritech*, 41(1), 58. <https://doi.org/10.22146/agritech.56451>
- Tjay, T.H dan Rahardja, K. 2007. Obat-obat penting, khasiat, penggunaan, dan efek-efek sampingnya (edisi IV). Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Waluyo, S., Handayani, F. N., Suhandy, D., Rahmawati, W., Sugianti, C., & Yulia, M. 2017. Analisis Spektrum UV-Vis Untuk Menguji Kemurnian Kopi Luwak. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*. 6(2) : 73-80.
- Yulia, M., Ningtyas, K. R., & Suhandy, D. 2021. Penggunaan Uv-Visible Spectroscopy dan Kemometrika untuk Uji Keaslian Kopi Codot Lampung. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(4), 479–489. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.4.479>