

**UJI KEASLIAN TIGA KOPI BUBUK SPESIALTI INDONESIA
MENGUNAKAN *FLUORESCENCE SPECTROSCOPY PORTABLE*
DENGAN LAMPU LED 365 NM SEBAGAI SUMBER EKSITASI**

(SKRIPSI)

Oleh

HANI PAMBUDI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

UJI KEASLIAN TIGA KOPI BUBUK SPESIALTI INDONESIA MENGUNAKAN *FLUORESCENCE SPECTROSCOPY PORTABLE* DENGAN LAMPU LED 365 NM SEBAGAI SUMBER EKSITASI

Oleh

HANI PAMBUDI

Kopi spesialti adalah kopi yang mempunyai kualitas bagus, baik rasa maupun aroma dengan standar ukur *cupping test* dan tentunya diproses dengan ketentuan khusus. Penelitian ini dilakukan untuk membedakan jenis-jenis kopi spesialti karena dari bubuk kopi tersebut sudah kehilangan sifat fisik dan sulit untuk dibedakan. Oleh karena itu, cara membedakan keaslian produk pertanian khususnya kopi, yaitu dengan metode sensori manusia dan metode NIR. Kopi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Kopi Gayo (GY), Kopi Kintamani (KN), dan Kopi Java Mocha (JV) serta jenis kopi yang digunakan yaitu kopi arabika dan robusta. Kopi tersebut akan dibedakan berdasarkan sifat optik dengan menggunakan *fluorescence spectroscopy portable* untuk mendapatkan fluoresensi data. Jumlah sampel tiap jenis kopi sebanyak 50 dan untuk setiap sampel diambil spektra sebanyak dua kali. Untuk keseluruhan data sebanyak 300 data. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCA (*principal component analysis*) dan SIMCA (*soft independent modelling of class analogy*). Hasil PCA yang dibangun menggunakan data *original* pada keseluruhan sampel diperoleh nilai PC1 74% dan PC2 25% dengan PC kumulatif sebanyak 99%. Hasil PCA dengan perlakuan *mean normalize* (MN) klasifikasi GY dan KN memiliki nilai PC kumulatif sebesar 97% dengan nilai akurasi sebesar 12,5%, sensitivitas 20%, spesifisitas 0%, dan error 87,5%,

PC kumulatif dari *pretreatment multiplicative scatter correction (MSC) + moving average 3 segment* klasifikasi GY dan JV yaitu sebesar 97% dengan nilai akurasi sebesar 97,4%, sensitivitas 94,7%, spesifisitas 100%, dan error 2,6%, dan PC kumulatif dari *pretreatment smoothing moving average 5 segment* klasifikasi KN dan JV memiliki nilai sebesar 99% dengan nilai akurasi sebesar 100%, sensitivitas 100%, spesifisitas 100%, dan error 0%. Berdasarkan kurva ROC dari nilai 1-spesifisitas dan sensitivitas seluruh level signifikansi dapat disimpulkan bahwa klasifikasi GY dan KN memiliki hasil klasifikasi yang buruk, ini diduga sampel GY dan KN merupakan sampel dengan jenis kopi yang sama yaitu arabika sehingga sulit dibedakan. Sedangkan untuk hasil klasifikasi GY dengan JV dan KN dengan JV memiliki hasil klasifikasi yang sangat baik (*excellent classification*) pada level signifikansi 5%, 10% dan 25% dan berada pada koordinat (0,1) pada kurva ROC.

Kata kunci: Kopi spesialti Indonesia, Pemalsuan kopi, *Fluorescence spectroscopy portable*, PCA, SIMCA

ABSTRACT

AUTHENTICITY TESTING OF THREE INDONESIAN SPECIALTY GROUND ROASTED COFFEES USING PORTABLE FLUORESCENCE SPECTROSCOPY EQUIPPED WITH 365 NM LED LAMP AS EXCITATION SOURCE

By

HANI PAMBUDI

Specialty coffee is coffee that has good quality, both taste and aroma with cupping test measurement standards and processed with special provisions. This research was conducted to distinguish the types of specialty coffee because the coffee powder has lost its physical properties and is difficult to be distinguished. Therefore, how to distinguish the authenticity of agricultural products, especially coffee, namely by human sensory methods and NIR methods. The coffee used in this study includes Gayo Coffee (GY), Kintamani Coffee (KN), and Java Mocha Coffee (JV) and the types of coffee used are arabica and robusta coffee. The coffee will be distinguished based on optical properties using portable fluorescence spectroscopy by obtaining fluorescence data. The number of samples for each type of coffee is 50 and for each sample the spectra are taken twice. For a total of 300 data. The analysis method used in this research is PCA (principal component analysis) and SIMCA (soft independent modeling of class analogy). PCA is developed using the original data on the entire sample obtained PC1 value of 74% and PC2 25% with a cumulative PC of 99%. PCA results with mean normalize (MN) treatment of GY and KN classifications have a cumulative PC value of 97% with an accuracy value of 12.5%, sensitivity 20%, specificity 0%, and error 87.5%, Cumulative PC from pretreatment multiplicative scatter correction (MSC) +

moving average 3 segment classification of GY and JV is 97% with an accuracy value of 97.4%, sensitivity 94.7%, specificity 100%, and error 2.6%, and cumulative PC from pretreatment smoothing moving average 5 segment classification of KN and JV has a value of 99% with an accuracy value of 100%, sensitivity 100%, specificity 100%, and error 0%. Based on the ROC curve of the 1- specificity and sensitivity values of all significance levels, it can be concluded that the GY and KN classifications have poor classification results, it is suspected that the GY and KN samples are samples with the same type of coffee so it is difficult to distinguish. Meanwhile, the classification results of GY with JV and KN with JV have excellent classification results at the 5%, 10% and 25% significance levels and are at the coordinates (0,1) on the ROC curve.

Keywords: Indonesian Specialty Coffee, Coffee Fraud, Fluorescence Spectroscopy Portable, PCA, SIMCA

**UJI KEASLIAN TIGA KOPI BUBUK SPESIALTI INDONESIA
MENGUNAKAN *FLUORESCENCE SPECTROSCOPY PORTABLE*
DENGAN LAMPU LED 365 NM SEBAGAI SUMBER EKSITASI**

**Oleh
Hani Pambudi**

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **UJI KEASLIAN TIGA KOPI BUBUK
SPECIALTI INDONESIA MENGGUNAKAN
FLUORESCENCE SPECTROSCOPY
PORTABLE DENGAN LAMPU LED 365 NM
SEBAGAI SUMBER EKSITASI**

Nama Mahasiswa : **Hani Pambudi**


Nomor Pokok Mahasiswa : **2014071017**


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**


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si
NIP. 196210101989021002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

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

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Spto Kuncoro, M.S.**

2. Dekan Fakultas Pertanian

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

NIP: 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 September 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Hani Pambudi** dengan NPM **2014071017**, 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 pada pengetahuan 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, Oktober 2024
Yang membuat pernyataan,



Hani Pambudi
NPM. 2014071017

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sendang Rejo, Kecamatan Sendang Agung, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung pada tanggal 25 Januari 2002. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Casno dan Ibu Sumiatin. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 3 SendangRejo dan lulus pada tahun 2014.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Sendang Agung dan lulus pada tahun 2017 serta pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 1 Sendang Agung pada tahun 2020.

Tahun 2020, penulis terdaftar sebagai salah satu mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai Anggota Bidang Pengabdian Masyarakat pada periode 2022 dan 2023.

Pada tanggal 07 Januari sampai 12 Februari 2023, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 tahun 2023 di Desa Penyandingan, Kecamatan Bengkunt, Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung selama 40 hari. Kemudian, pada bulan Juni sampai Agustus 2023, penulis melakukan kegiatan Praktik Umum (PU) di PT. Ghaly Roelies Indonesia dengan judul “Mempelajari Proses Pengolahan Kopi Fermentasi Organik Ghalkoff di PT Ghaly Roelies Indonesia”.

Persembahan

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 Casno dan Ibuku Sumiatin yang telah selalu mengupayakan segala yang dimiliki baik berupa materi, tenaga, pikiran serta doa demi keberhasilanku

Keluargaku

Adikku Imroatun Azkiya dan Kakek dan Nenekku serta keluarga besarku yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti.

Serta

“Kepada Almamater Tercinta”

Teknik Pertanian Universitas Lampung 2020

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. yang kita nantikan syafaatnya di akhirat kelak. Skripsi dengan judul **“Uji Keaslian Tiga Kopi Bubuk Speisialti Indonesia Menggunakan *Fluorescence Spectroscopy Portable* Dengan Lampu LED 365 nm Sebagai Sumber Eksitasi”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak terjadi kesalahan dan kekurangan. Sehingga penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan semua pihak yang telah memberikan bantuan, doa, dukungan, dan bimbingan serta arahan dalam penyelesaian skripsi ini. Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian yang telah membantu dalam administrasi skripsi.
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. 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.
4. Bapak Dr. Ir. Tamrin, M.S., selaku pembimbing kedua penulis yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini, serta motivasi dan dorongannya selama penulis menempuh pendidikan ini

5. Bapak Dr. Ir. Sapto Kuncoro, M.S., selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sebagai perbaikan selama penulis Menyusun skripsi ini.
 6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengetahuannya.
 7. Kedua orang tuaku Bapak Casno dan Ibu Sumiatin, Adikku Imroatun Azkiya, serta seluruh keluarga besar atas semua doa, kasih sayang, dukungan dan nasihat yang telah diberikan. Terimakasih banyak.
 8. Rossi Wulandari yang telah memberikan bantuan, motivasi, waktu dan dukungannya dalam proses penyelesaian penelitian dan skripsi ini.
 9. Teman-teman penelitian bidang kajian ilmu *Spectroscopy*, Danang Rahmaddiansyah, Zaki Ramadhan, Fitria Amelia Damayanti, Gustuty Indriani, Pipit Indah Pratiwi, dan kepada kak Wahyudi, kak Kholis dan Kak Dimas yang telah banyak membantu penulis dalam pengolahan data dan penyusunan skripsi ini
 10. Teman-teman seperjuangan Teknik Pertanian 2020 yang telah memberikan semangat, dukungan dan bantuannya selama menempuh Pendidikan.
- 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.

Bandarlampung, Oktober 2024

Hani Pambudi
NPM. 2014071017

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Hipotesis Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Kopi.....	6
2.2. Jenis-jenis Kopi Spesialti	7
2.2.1. Kopi Java Mocha (Jawa)	7
2.2.2. Kopi Gayo (Aceh)	8
2.2.3. Kopi Kintamani (Bali).....	8
2.3. Spektroskopi Fluoresensi	9
2.4. Metode Kemometrika.....	12
2.4.1. <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	12
2.4.2. <i>Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)</i>	13
2.4.3. <i>Confusion Matrix</i>	13
III. METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1. Waktu dan Tempat	15
3.2. Alat dan Bahan.....	15
3.3. Prosedur Penelitian	15
3.3.1. Persiapan Alat dan Bahan	16

3.3.2. Pengambilan Spektra Menggunakan Spektrometer	21
3.3.3. Membuat dan Menguji Model	22
3.4. Analisis Data	22
3.4.1. <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Analisis Spektra Java Mocha, Kopi Gayo, dan Kintamani.....	26
4.1.1. Analisis Spektra Kopi Java Mocha, Kopi Gayo, dan Kopi Kintamani Menggunakan Data Spektra <i>Original</i>	27
4.1.2. Analisis Spektra Kopi Java Mocha, Kopi Gayo, dan Kopi Kintamani Menggunakan Data Spektra <i>Pretreatment</i>	29
4.2. Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	35
4.2.1. Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) Menggunakan Data <i>Original</i>	36
4.2.2. Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) Menggunakan Data <i>Pretreatment</i>	38
4.3. Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA)	43
4.3.1. Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA) Menggunakan Data Spektra <i>Original</i>	43
4.3.2. Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA) Menggunakan Data Spektra <i>Pretreatment MSC + moving</i> <i>average 3 segment</i>	45
4.3.3. Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA) Menggunakan Data Spektra <i>Pretreatment Smoothing Moving</i> <i>Average 5 segment</i>	47
4.3.4. Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA) Menggunakan Data Spektra <i>Pretreatment Normalize</i>	49
4.4. Klasifikasi Menggunakan Sampel Prediksi	50
4.4.1. Klasifikasi Menggunakan Data <i>Original</i>	51
4.4.2. Klasifikasi Menggunakan Data <i>Pretreatment</i>	53
4.5. <i>Coomans Plot</i>	56
4.5.1. <i>Coomans Plot</i> Menggunakan Data Spektra <i>Original</i>	56
4.5.2. <i>Coomans Plot</i> Data Spektra <i>Pretreatment</i>	59
4.6. Kurva <i>Receiver Operating Characteristic</i> (ROC)	60
4.6.1. Kurva <i>Receiver Operating Characteristic</i> (ROC) Menggunakan Data <i>Original</i>	61
4.6.2. Kurva ROC Menggunakan Data <i>Pretreatment</i>	64

V. KESIMPULAN	68
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Nomor Sampel dan Bahan Sampel	18
2.	Hasil Perhitungan Matriks Konfusi Serta Nilai PC Pada Sampel Kopi Gayo (GY) dan Kopi Java Mocha (JV) Menggunakan Beberapa Kombinasi <i>Pretreatment</i>	29
3.	Hasil Perhitungan Matriks Konfusi Serta Nilai PC Pada Sampel Kopi Kintamani (KN) dan Kopi Java Mocha (JV) Menggunakan Beberapa Kombinasi <i>Pretreatment</i>	30
4.	Hasil Perhitungan Matriks Konfusi Serta Nilai PC Pada Sampel Kopi Gayo (GY) dan Kopi Kintamani (KN) Menggunakan Beberapa Kombinasi <i>Pretreatment</i>	32
5.	Matrik Konfusi Model SIMCA GY Dengan Model SIMCA JV Menggunakan Data <i>Original</i>	51
6.	Matrik Konfusi Model SIMCA KN Dengan Model SIMCA JV Menggunakan Data <i>Original</i>	52
7.	Matrik Konfusi Model SIMCA GY Dengan Model SIMCA KN Menggunakan Data <i>Original</i>	53
8.	Matrik Konfusi Model SIMCA GY Dengan Model SIMCA JV Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 3 Segment</i>	54
9.	Matrik Konfusi Model SIMCA KN dengan Model SIMCA JV Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i>	55
10.	Matrik Konfusi Model SIMCA GY Dengan Model SIMCA KN Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize</i>	55
11.	Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi GY dan KN Menggunakan Data <i>Original</i> pada Beberapa Level Signifikansi	61
12.	Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi KN dan JV Menggunakan Data <i>Original</i> pada Beberapa Level Signifikansi	62
13.	Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi GY dan KN Menggunakan Data <i>Original</i> pada Beberapa Level Signifikansi	63

14. Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi GY dan JV Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 3 Segment</i>	64
15. Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi KN dan JV Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i> ...	65
16. Nilai Sensitivitas dan 1-Spesifisitas dari Klasifikasi GY dan KN Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize</i>	66
17. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel GY dan KN Data <i>Original</i>	80
18. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel GY dan JV Data <i>Original</i>	81
19. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel KN dan JV Data <i>Original</i>	83

Lampiran

20. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel GY dan KN Data <i>Pretreatment Normalize</i>	84
21. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel GY dan JV Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 3 Segment</i>	86
22. Klasifikasi Model SIMCA pada Sampel KN dan JV Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i>	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Spektrometer Fluoresensi (<i>A handheld spectrophotometer for absorption and fluorescence measurement</i>)	10
2. Diagram Jablonski (<i>Granite, n.d.</i>).....	10
3. Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	16
4. Proses Penggilingan Sampel Kopi	17
5. Proses Pengayakan Sampel	17
6. Penimbangan Sampel	18
7. Proses Pembuatan Larutan	19
8. Proses Pengadukan.....	19
9. Proses Penyaringan	20
10. Proses Pengenceran	20
11. Diagram Alir Proses Pengambilan Spektra.....	21
12. Cara Memasukkan Data dari Microsoft Excel ke <i>The Unscrambler</i>	22
13. Langkah Transpose Data Pada <i>The Unscrambler</i> 10.4.....	23
14. Cara Membuat Kolom <i>Category Variable</i>	24
15. Menu <i>Define Range</i>	25
16. Menu Analisis PCA pada <i>The Unscrambler</i> 10.4.....	25
17. Warna Sampel Kopi Java Mocha, Gayo, dan Kintamani.....	26
18. Grafik Rata-Rata Spektra <i>Original</i>	27
19. Grafik Rata-Rata Spektra <i>MSC + Moving Average 3 Segment</i>	33
20. Grafik Rata-Rata Spektra <i>Smoothing Moving Average 5 Segment</i>	34
21. Grafik Rata-Rata Spektra <i>Normalize</i>	35
22. Plot Skor Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Original</i>	36
23. Grafik <i>X-Loading</i> Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Original</i>	37

24. Plot Skor Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 3 Segment</i>	38
25. Plot Skor Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i>	39
26. Plot Skor Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize</i>	39
27. Grafik <i>X-Loading</i> Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 3 Segment</i>	40
28. Grafik <i>X-Loading</i> Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i>	41
29. Grafik <i>X-Loading</i> Hasil Analisis PCA Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize</i>	42
30. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel JV Menggunakan Data <i>Original</i>	43
31. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel GY Menggunakan Data <i>Original</i> ...	43
32. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel KN Menggunakan Data <i>Original</i> ...	44
33. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel JV Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 3 Segment</i>	45
34. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel GY Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 3 Segment</i>	45
35. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel KN Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 3 Segment</i>	46
36. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel JV Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i>	47
37. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel GY Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i>	47
38. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel KN Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i>	48
39. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel JV Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize</i>	49
40. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel GY Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize</i>	49
41. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 Sampel KN Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize</i>	50
42. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA GY Dengan JV Menggunakan Data <i>Original</i>	57

43. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA JV dengan KN Menggunakan Data <i>Original</i>	57
44. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA GY Dengan KN Menggunakan Data <i>Original</i>	58
45. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA GY dengan JV Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 3 Segment</i>	59
46. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA JV Dengan KN Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i> ...	59
47. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA GY Dengan KN Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize</i>	60
48. Kurva ROC Klasifikasi GY dan JV Menggunakan Data <i>Original</i>	62
49. Kurva ROC Klasifikasi KN dan JV Menggunakan Data <i>Original</i>	63
50. Kurva ROC Klasifikasi GY dan KN Menggunakan Data <i>Original</i>	64
51. Kurva ROC Klasifikasi GY dan JV Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Moving Average 3 Segment</i>	65
52. Kurva ROC Klasifikasi KN dan JV Menggunakan Data <i>Pretreatment Smoothing Moving Average 5 Segment</i>	66
53. Kurva ROC Klasifikasi GY dan KN Menggunakan Data <i>Pretreatment Normalize</i>	67

I. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Di Indonesia, kopi adalah komoditas perkebunan yang sangat penting. Indonesia adalah negara penghasil kopi keempat terbesar. Lebih dari 80% produksi kopi Indonesia saat ini berasal dari perkebunan rakyat, dengan total produksi 600 ribu ton per tahun. Tidak banyak upaya yang dilakukan untuk mengelola tanaman kopi. Hal ini dapat dilihat dari pengelolaannya yang tidak menggunakan pupuk secara keseluruhan. Tanaman kopi sudah menjadi bagian penting juga bagi kehidupan di masyarakat pada zaman sekarang, karena banyak produk yang dihasilkan menggunakan bahan dasar dari kopi itu sendiri, seperti minuman kopi, alat-alat kecantikan, makanan, dan masih banyak lagi.

Sebagai komoditas perkebunan dan pertanian, kopi memainkan peran penting dalam ekonomi Indonesia. Kurang lebih 1,97 juta kepala keluarga yang bekerja sebagai petani kopi di seluruh Indonesia bergantung pada produk pertanian ini sebagai sumber pendapatan utama mereka. Terdapat peluang besar untuk pengembangan lebih lanjut perkebunan kopi guna meningkatkan kesadaran nasional dan internasional terhadap tingginya kualitas dan keragaman kopi Indonesia. Industri kopi dapat memanfaatkan peluang ini untuk meningkatkan kualitas kopi lokal. Setelah semua pekerja memiliki standar pengolahan kopi yang sama, mereka akan didorong untuk menyuplai kopi ke kedai-kedai kopi, meningkatkan konsumsi kopi lokal (Rahma, 2020).

Indonesia merupakan negara yang penuh dengan keanekaragaman budaya, alam, dan cita rasa, serta dianggap sebagai salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia. Namun, kopi Indonesia tidak sekadar kopi biasa. Ia mewakili esensi kopi spesialti, yang telah memikat hati

pecinta kopi di seluruh dunia. Kopi spesialti Indonesia adalah hasil dari kombinasi unik antara tanah, cuaca, varietas, dan tradisi panen yang menarik perhatian dunia.

Indonesia memiliki lokasi geografis dan tanah yang baik untuk pertanian kopi. Keragaman varietas kopi yang tumbuh di berbagai tempat adalah salah satu daya tarik utama kopi spesialti Indonesia. Setiap daerah menghasilkan kopi yang berbeda. Sebagai contoh, kopi Arabika Gayo Aceh terkenal karena rasanya yang lebih pahit dan tingkat keasaman yang rendah, tetapi setiap tegukan memiliki rasa yang sangat tajam dan gurih. Namun, kopi Java Mocha Jawa memiliki rasa rempah-rempah, buah-buahan, karamel, dan coklat. Kopi Bali Kintamani memiliki rasa yang lembut dan cita rasa buah-buahan yang asam. Varietas-varietas ini membuktikan bahwa Indonesia adalah surganya para pecinta kopi yang mencari keberagaman rasa dalam setiap cangkir.

Sangat penting untuk menjaga kualitas kopi spesialti yang diperdagangkan karena biasanya dikonsumsi secara tunggal atau tanpa dicampur dengan kopi lain. Pascu (2013) menyatakan bahwa produk otentik adalah produk yang unik, asli, berani, dan tidak diragukan. Artinya, produk kopi spesialti dengan indikasi geografis dianggap asli jika itu asli berasal dari daerah yang ditunjukkan pada label kemasan. Kopi spesialti mungkin telah dipalsukan, sehingga tidak lagi benar-benar berasal dari daerah sesuai indikasi geografisnya. Organisasi Kopi Internasional (ICO) menganggap pemalsuan kopi sebagai salah satu ancaman terbesar bagi pertumbuhan pasar kopi spesialti yang berkelanjutan karena alasan ekonomi (Cai *et al.* 2016). Untuk alasan ini, penciptaan teknik yang dapat menguji keaslian kopi spesialti sangat penting.

Pemalsuan kopi biasanya dilakukan dengan menggabungkan kopi berkualitas tinggi dengan kopi berkualitas rendah, ini sering ditemukan bercampur dengan kopi Robusta biasa. Campuran atau blending mungkin sulit untuk diketahui apakah bijinya dipanggang atau dalam bentuk bubuk. Pemalsuan kopi bubuk merupakan jenis pemalsuan yang sulit dideteksi secara visual dengan mata biasa. Oleh karena itu, mikroskop sering digunakan untuk mendeteksi secara visual campuran pada kopi bubuk. Namun pada kopi bubuk, sangat sulit membedakan bentuk dan warna kopi, serta bahan campurannya (Reis dkk., 2013). Saat ini,

banyak teknik yang digunakan untuk memastikan keaslian produk pertanian, terutama kopi, seperti sensor manusia dan teknik NIR.

Menurut Abdullah (1990), evaluasi sensori menggunakan lima panca indera manusia, untuk menilai fitur sensoris suatu produk, seperti rasa, bentuk, warna, dan tekstur. Namun demikian, metode ini memiliki beberapa kekurangan karena kondisi fisik manusia dan keterbatasan indrawi yang tidak dapat dijelaskan. Kopi yang sudah diroasting biasanya memiliki warna yang hampir sama, dan biji kopi bubuk yang berwarna sama juga akan sulit dibedakan.

Selanjutnya adalah metode NIR. Kekurangan metode ini adalah sulit digunakan dan membutuhkan peralatan mahal. Untuk mengatasi masalah ini, diciptakan teknologi yang dapat mendeteksi kopi palsu dengan cepat dengan menggunakan spektroskopi fluoresensi yang dapat dibawa di mana saja. Ini akan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap kopi komersial yang dijual di Indonesia. Saat menggunakan *Fluorescence Spectroscopy portable*, ekstraksi sampel tidak perlu mahal karena dapat menggunakan air sebagai pelarut. Ini menghemat waktu dan memberikan hasil yang akurat untuk keperluan analisis rutin. Sederhananya, spektroskopi fluoresensi portabel menggunakan panjang gelombang tertentu untuk mengukur serapan sampel. Selanjutnya, hasil pengukuran *Fluorescence Spectroscopy Portable* diolah menggunakan SIMCA.

Karena sifat fisik kopi dari bubuk kopi telah hilang, penelitian ini bertujuan untuk membedakan berbagai jenis kopi. Sampel kopi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Kopi Gayo (Aceh) dengan harga Rp. 60.000/100 gram, Kopi Kintamani (Bali) dengan harga Rp. 55.000/100 gram, dan Kopi Java Mocha (Jawa) dengan harga Rp. 41.000/100 gram, dengan jenis kopi yang digunakan yaitu kopi arabika dan robusta. Sampel kopi yang digunakan, dipilih kopi berdasarkan letak geografis yang berbeda dimana ketiga kopi yang digunakan terletak pada 3 pulau besar yang ada di Indonesia. Kopi Gayo dari pulau Sumatera, kopi Java Mocha dari pulau Jawa dan kopi Kintamani dari pulau Bali. Untuk membedakan kopi berdasarkan sifat optiknya, spektroskopi fluoresensi portabel akan digunakan untuk mengumpulkan data fluoresensi. Fluoresensi data ini kemudian akan diidentifikasi melalui analisis data multivariat menggunakan

teknik kemometrika. Teknik kemometrika yang dimaksud yaitu metode PCA (*principal component analysis*) dan SIMCA (*soft independent modelling of class analogy*).

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah seiring dengan pesatnya pertumbuhan industri kopi spesial di Indonesia, perhatian terhadap keaslian kopi menjadi semakin penting. Meskipun Indonesia dikenal sebagai salah satu produsen kopi terbesar di dunia, namun sulit untuk memastikan bahwa kopi spesialti yang diklaim berasal dari Indonesia benar-benar asli. Maka dari itu perlu cara membedakan kopi spesialti sesuai dengan letak geografis wilayah Indonesia guna mengetahui kopi spesialti tersebut asli dari daerah Indonesia sesuai indikasi geografisnya.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk membedakan tiga kopi bubuk spesialti (Java Mocha, Gayo, Kintamani) menggunakan *Fluorescence Spectroscopy portable* dengan LED 365 nm sebagai sumber eksitasi dan menggunakan metode SIMCA.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perbedaan antara kopi spesialti dari tiga pulau besar di Indonesia dari hasil fluoresensi.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pemalsuan kopi atau kandungan yang terdapat pada kopi spesialti.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu uji keaslian kopi ini hanya pada kopi bubuk untuk jenis kopi spesialti yaitu kopi Java Mocha, kopi Gayo, dan kopi Kintamani.

1.6. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah teknologi spektroskopi fluoresensi dapat membedakan jenis kopi spesialti Java Mocha, Gayo, dan Kintamani berdasarkan kandungan spektranya dengan menggunakan LED 365 nm sebagai sumber eksitasi dan menggunakan metode SIMCA (*Soft Independent Modeling of Class Analogy*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kopi

Menurut Rahardjo (2012), kopi (*Coffea sp.*) adalah salah satu hasil perkebunan yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dibandingkan dengan komoditas perkebunan lainnya. Ini juga berfungsi sebagai sumber devisa negara dan memberikan pendapatan bagi setengah juta petani kopi di Indonesia. Lebih dari 80% dari 600.000 ton kopi yang diproduksi di Indonesia berasal dari perkebunan rakyat. Dengan volume ekspor kopi sebesar 518,12 juta ton, ekspor kopi dapat menghasilkan lebih dari US \$ 882,06 juta. (Pahlevi, 2014).

Air, kafein, *quinic acid* (yang membuat kopi terasa asam), *acetylmethylcarbino* (yang membuat kopi terasa gurih), dan *dicaffeoylquinic acid* (yang mengandung antioksidan tinggi) adalah bahan-bahan yang ditemukan dalam kopi. Karena biji kopi telah mengalami tahap pengeringan, kandungan air pada kopi menurun. Kopi memiliki kafein, yang merangsang saraf, dan minum terlalu banyak dapat menyebabkan kanker dan gangguan tidur. karena setiap cangkir kopi mengandung 100 miligram kafein. Menurut Hayati *et al* (2012), Persyaratan kandungan kafein untuk bubuk kopi arabika berkisar antara 0,1% hingga 1,2%. Isi Kandungan kafein pada biji kopi arabika berkisar antara 0,8 hingga 1,4% atau 0,6 hingga 1,9% (Randriani *et al*, 2014).

Tanaman kopi mempunyai klasifikasi sebagai berikut (Rahardjo, 2012):

- Kingdom : *Plantae* (Tumbuhan)
- Subkingdom : *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)
- Super Divisi : *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)

Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i> (berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas	: <i>Asteriade</i>
Ordo	: <i>Rubiales</i>
Famili	: <i>Rubiaceae</i> (suku kopi-kopian)
Genus	: <i>Coffea</i>
Spesies	: <i>Coffea sp</i> (<i>Coffea arabica</i> , <i>Coffea canephora</i> , <i>Coffea liberica</i> , <i>Coffea excels</i>)

2.2. Jenis-jenis Kopi Spesialti

2.2.1. Kopi Java Mocha (Jawa)

Kopi Java Mocha berasal dari dua lokasi utama: Jawa di Indonesia dan Mocha di Yaman. Meskipun kedua daerah ini berbeda secara geografis dan budaya, kopi dari kawasan ini telah menjadi bahan utama bagi kopi Java Mocha yang terkenal. Sejarah kopi Java Mocha dimulai di abad ke-15 ketika kopi pertama kali diperkenalkan di Yaman. Kemudian, kopi dari Yaman dibawa ke Jawa oleh Belanda pada abad ke-17, sehingga menciptakan perpaduan kopi yang unik. Hal ini menjadikan kopi Java Mocha sebagai salah satu jenis kopi spesialti yang paling dicari di dunia.

Kopi Java Mocha adalah jenis kopi robusta yang banyak dibudidayakan di daerah Temanggung, Jawa Tengah. Kopi robusta Jawa, yang sering disebut Java Mocha, memiliki aroma rempah tipis, keasaman dan kekentalan medium, dan rasa yang seimbang. Kopi Java Mocha rasanya ringan dan cocok untuk pemula. Meskipun rasanya lebih banyak pahit, kopi ini memiliki tekstur yang halus dan lembut. Namun, keasamannya sangat baik dan aman untuk dikonsumsi.

Kopi Java Mocha tumbuh di dataran rendah dengan ketinggian 400-800 mdpl. Suhu terbaik untuk pembudidayaannya adalah sekitar 24–30 derajat Celcius dengan curah hujan 2.000–3.000 milimeter per tahun. Selain itu, kopi ini cocok untuk ditanam di lingkungan tropis yang basah. Tanaman ini biasanya akan berbuah pada usia 2-5 tahun. (Rulinawaty *et al*, 2023).

2.2.2. Kopi Gayo (Aceh)

Kopi Gayo Aceh berasal dari Dataran Tinggi Gayo di Aceh Tengah, Indonesia. Tempat terbaik untuk menanam kopi Arabika berada di ketinggian 900–1700 meter di atas permukaan laut. Jumlah hujan yang turun dan suhu udara dipengaruhi oleh ketinggian ini. Ada korelasi positif antara curah hujan dan ketinggian, dan korelasi negatif antara suhu dan ketinggian. Semakin tinggi perkebunan kopi, semakin banyak curah hujan dan semakin dingin. Dataran Tinggi Gayo memiliki curah hujan 1.800–2.000 mm per tahun. Di Dataran Tinggi Gayo, andisol, inceptisol, histosol, dan molisol ultisol memiliki pH sedang. (Asfirmanto *et al*, 2013).

Kopi jenis ini merupakan kopi arabika yang merupakan salah satu komoditas andalan Indonesia. Kopi Gayo mempunyai cita rasa yang khas, kaya rasa, keasaman rendah, dan rasa pedas ringan. Kopi jenis ini sangat populer terutama di Amerika dan Eropa. Selain itu, kopi Gayo juga memiliki keunggulan lain seperti dibuat dari varietas kopi premium yang ditanam di daerah dataran tinggi ideal dan diolah secara basah oleh petani. Kopi Gayo juga memiliki kekayaan sejarah dan makna budaya, serta telah menjadi sumber pendapatan utama bagi sebagian besar masyarakat Gayo dan bahkan menjadi satu-satunya sentra penanaman kopi berkualitas ekspor di wilayah Aceh Tengah. Oleh karena itu, penelitian terhadap kopi Gayo Aceh dapat memberikan kontribusi penting bagi perkembangan industri kopi di Indonesia (Mawardi *et al*, 2008).

2.2.3. Kopi Kintamani (Bali)

Kopi Kintamani Bali adalah kopi arabika dengan rasa manis dan ringan. Sistem Subak Abian, yang mendorong pengolahan kopi organik, digunakan untuk membuat kopi Arabika ini. Kopi Arabika Kintamani telah diberi sertifikat Indikasi Geografis oleh CIRAD (*Centre de Coopération en Recherches Agronomiques pour le Développement / Centre de Coopération en Recherches Agronomiques*

pour le Développement International, Perancis). Kopi ini diakui sebagai kopi unik dengan asal usul yang unik, yang berasal dari Dataran Tinggi Kintamani. Kopi ini memiliki hak paten dan bersertifikasi dengan merek Kopi Arabika Kintamani Bali (Purwanti 2015).

Dengan memberikan karakteristik dan kualitas tertentu pada produk yang dihasilkan, indikasi geografis (IG) menunjukkan daerah asal suatu produk karena faktor lingkungan geografis, terutama faktor alam, faktor manusia, atau gabungan kedua faktor tersebut. Tujuan perlindungan indikasi geografis adalah untuk memberikan kesempatan dan perlindungan kepada orang-orang yang tinggal di daerah tersebut untuk mempertahankan ciri-ciri tersebut dari pemalsuan atau penggunaan yang tidak sesuai (Yessiningrum, 2015).

2.3. Spektroskopi Fluoresensi

Spektroskopi fluoresensi merupakan alat yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang sinar ultraviolet (200-350 nm) dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel dapat diukur dengan spektroskopi fluoresensi. (350-800 nm) dari suatu senyawa. Sinar ultraviolet memiliki energi yang cukup untuk memicu elektron pada kulit terluar pada tingkat energi yang lebih tinggi. Menurut Dachriyanus (2004), spektrum ini bermanfaat untuk pengukuran kuantitatif. Dua jenis sumber cahaya berbeda digunakan oleh *Spektrofotometer UV-Visible* yaitu lampu *Deuterium* dan lampu *Wolfram* digunakan sebagai sumber cahaya ultraviolet dan visible. *Wolfram* digunakan sebagai lampu untuk spektrofotometri karena titik didihnya sangat tinggi (5930 °C). (Balai Teknologi Polimer, 2020).

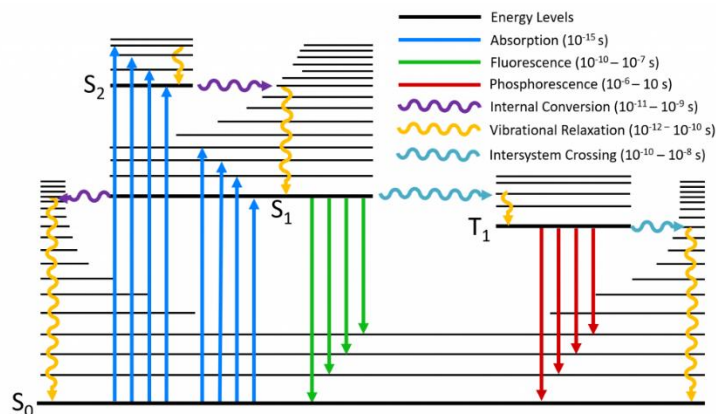
Satu jenis spektroskopi elektromagnetik yang menganalisis fluoresensi sampel disebut spektroskopi fluoresensi. Haryanto (2008) menyatakan bahwa fluoresensi adalah proses di mana material memancarkan radiasi cahaya setelah dieksitasi oleh berkas cahaya berenergi tinggi. Peralihan tingkat energi dari keadaan tereksitasi atom ke keadaan stabil (*ground state*) melalui penyerapan cahaya oleh atom menyebabkan pelepasan cahaya, atau deeksitasi. Sementara fosforesensi berlangsung sekitar 1 hingga 1000 milidetik, fluoresensi hanya berlangsung kurang lebih 1 nano detik. Seperti yang dinyatakan oleh Lakowicz (2006),

spektroskopi fluoresensi adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya fluoresen. Ini dicapai dengan membandingkan intensitas cahaya fluoresensi yang dipancarkan dari zat yang diuji dengan standar pembanding tertentu. Ini ditunjukkan pada Gambar 1 dengan spektrometer fluoresensi.



Gambar 1. Spektrometer Fluoresensi (*A handheld spectrophotometer for absorption and fluorescence measurement*)

Deingan fluoresensi terjadi ketika suatu mateiri memancarkan radiasi cahaya setelah berkas cahaya berenergi tinggi terekstasi. tingkat energi yang berubah dari keadaan atom tereksitasi (S_1 atau S_2) ke keadaan stabil (S_0) dikenal sebagai fluoresensi. Proses terjadinya fluoresensi secara skematik dijelaskan oleh diagram Jablonski yang ditunjukkan oleh Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Diagram Jablonski (Granite, n.d.)

Fluoresensi terjadi apabila suatu atom atau molekul berbentuk elektron menyerap energi cahaya dengan intensitas $h\nu_A$, maka elektron dalam keadaan dasar (S_0) akan berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi, khususnya dapat S_1 atau S_2 . Pada diagram pada Gambar 2, proses ini ditunjukkan oleh panah lurus berwarna biru. Proses perpindahan berlangsung sangat cepat, kurang dari 1 pikodetik. Proses perpindahan S_0 menuju tingkat S_1 atau S_2 disebut penyerapan (*absorption*).

Atom yang telah tereksitasi pada tingkat S_1 atau S_2 akan mengalami konversi internal (*internal conversion*) yang diwakili oleh garis gelombang dengan panjang gelombang ungu, konversi internal yang diikuti oleh relaksasi getaran (*vibrational relaxation*) diwakili oleh garis panah bergelombang berwarna kuning, Selain itu, proses ini terjadi dalam waktu yang sangat singkat, kira-kira 10-1 ns, dan atom akan melepaskan sejumlah energi sebesar $h\nu_f$ dalam bentuk cahaya. Seiring dengan penurunan energi atom seiring waktu, elektron akan kembali ke tingkat energi listrik dasar S_0 untuk mencapai keadaan kesetimbangan suhu, atau kesetimbangan suhu. Kembalinya elektron ke keadaan dasar S_1 atau S_2 ke (S_0) disebut fluoresensi, proses fluoresensi pada Gambar 2 diwakili oleh panah lurus berwarna hijau. Syarat munculnya fluoresensi dengan spektroskopi UV-Visible (Goyalab, Perancis) adalah tingkat emisi lampu yang digunakan lebih besar dari tingkat emisi lampu.

Kemudian jika terjadi interferensi antar sistem sebelum transisi dari S_1 ke S_0 , yaitu pada saat S_1 terjadi konversi spin ke *triplet state* (T) yang pertama (T_1), maka proses ini disebut interferensi antar system (*intersystem crossing*), Proses ini ditunjukkan pada Gambar 2 dengan garis bergelombang biru muda. Jika terjadi proses dislokasi antar sistem maka segera akan mengalami relaksasi vibrasi ke tingkat dasar T_1 (ditunjukkan oleh garis gelombang kuning). Jika elektron berada pada T_1 maka akan terjadi transisi dari T_1 ke S_0 . Transisi dari T_1 ke S_0 disebut fosforesensi. Fosforesensi pada Gambar 4 ditunjukkan oleh garis panah merah. Fosforesensi terjadi dalam periode yang lebih lama dibandingkan dengan fluoresensi, karena transisi yang terjadi selama fosforesensi pada dasarnya adalah transisi yang dilarang. Oleh karena itu, jika dibandingkan dengan fluoresensi,

fosforesensi menghasilkan daya emisi cahaya yang lebih besar sebanding dengan panjang gelombang yang lebih panjang (Granite, n.d.).

2.4. Metode Kemometrika

Metode kemometrika adalah gabungan dari berbagai disiplin ilmu yang mencakup pemodelan matematika multivariat, informasi teknologi, dan statistik. Metode ini terutama digunakan untuk data kimia. Analisis multivariat menggabungkan data ukuran standar dengan variabel baru untuk menghasilkan kesimpulan tentang data yang berbeda. Dengan variabel baru yang telah dibuat, masalah dan tampilan seperti pengelompokan hubungan dan manajemen gambar grafik diatasi. Untuk menarik fitur dari data besar, *principal component analysis* (PCA) adalah transformasi linier. Data dapat diproyeksikan ke dalam subspace dengan PCA. Ini memungkinkan pengurangan ukuran file yang sangat besar tanpa menghilangkan data penting. (Ronggo *et al.*, 2007).

2.4.1. *Principal Component Analysis* (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) adalah salah satu metode interpretasi data dalam kemometrika (Pratiwi dan Harjoko, 2013). Perbedaan antara sampel dipengaruhi oleh variabel, dengan PCA dapat diketahui apakah variabel-variabel tersebut mempunyai korelasi atau saling lepas (Suhandy dan Yulia, 2019). PCA mengimplementasikan sampel dengan membuat kelompok yang sama, memodelkan data, mengidentifikasi pencilan, dan memilih perubah untuk diklasifikasikan atau memodelkan bagian pokok yang dipilih sehingga komponen utama dalam set data memiliki variasi besar, dan komponen garis kedua tegak lurus terhadap komponen pertama. Secara umum, menurut Miller dan Miller (2000), dua komponen ini berfungsi sebagai area proyeksi utama untuk pemeriksaan data visual multivariat. Tujuan PCA adalah untuk membuat ruang data (*observed variable*) menjadi lebih kecil daripada ruang fitur (*independent variable*), sehingga deskripsi data menjadi lebih sederhana. (Pratiwi & Harjoko, 2013). Metode ini dijalankan dengan software *Unscramble*.

2.4.2. *Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)*

Soft Independent Modelling of Analogy (SIMCA) dapat digunakan untuk menetapkan sampel ke kelas yang tersedia. Klasifikasi ini didasarkan pada model PCA yang dibangun untuk setiap kelas, dan sampel dikelompokkan berdasarkan model PCA masing-masing. Tabel klasifikasi SIMCA memungkinkan Anda mengklasifikasikan sampel ke dalam satu kelas, beberapa kelas, atau tanpa kelas sama sekali (Nurcayo, 2015).

Program SIMCA (*Soft Independent Modeling of Class Analogy*) digunakan untuk mengembangkan dan menguji model. Meskipun SIMCA juga termasuk dalam PCA, SIMCA digunakan untuk melaksanakannya dengan memisahkan PCA dari setiap kelas dalam kumpulan data dan mempertahankan jumlah komponen utama yang sesuai untuk sebagian besar variasi data yang terjadi di setiap kelas. Untuk klasifikasi, SIMCA menggunakan perbandingan varian sisa sampel pembentuk kelas dan rata-rata sampel. Perbandingan ini menunjukkan kesamaan sampel untuk kelas tertentu dan kecocokan sampel dengan model kelas tersebut (Lavine, 2009).

2.4.3. *Confusion Matrix*

Matriks konfusi yang diberikan oleh Lavine (2009) adalah daftar hasil pengolahan data SIMCA. Matriks ini tidak hanya membantu Anda melakukan pengujian, tetapi juga membantu Anda memprediksi hasilnya. Konfusi matrix memiliki beberapa hasil, termasuk akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan tingkat kesalahan. Nilai klasifikasi rumus akurasi membantu menunjukkan bahwa model dapat diuji keakuratannya.

Diharapkan prediksi yang tepat dihasilkan dari klasifikasi sistem terhadap sampel. Namun, ada saat-saat ketika ketepatan tidak mencapai seratus persen. Oleh karena itu, penting untuk menguji kinerja sistem klasifikasi untuk mengevaluasi keakuratan prediksi. Menurut Lavine (2009), komponen berikut berfungsi sebagai parameter untuk menentukan validitas model diskriminasi/klasifikasi:

- a. Akurasi, yang menunjukkan ketepatan suatu model dalam mengklasifikasikan sampel secara keseluruhan.
- b. Sensitivitas, yang menunjukkan kemampuan model diskriminasi/klasifikasi untuk menolak sampel yang bukan kelasnya.
- c. Spesifisitas, yang menunjukkan kemampuan model diskriminasi/klasifikasi untuk mengarahkan sampel masuk kedalam kelas secara benar.

Matrik konfusi adalah alat yang sering digunakan untuk mengukur kinerja klasifikasi. Ini bekerja dengan mengevaluasi tingkat kinerja model klasifikasi untuk menemukan catatan untuk setiap kelas yang berbeda. sesuai dengan penjelasan Suhandy dan Yulia (2019).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

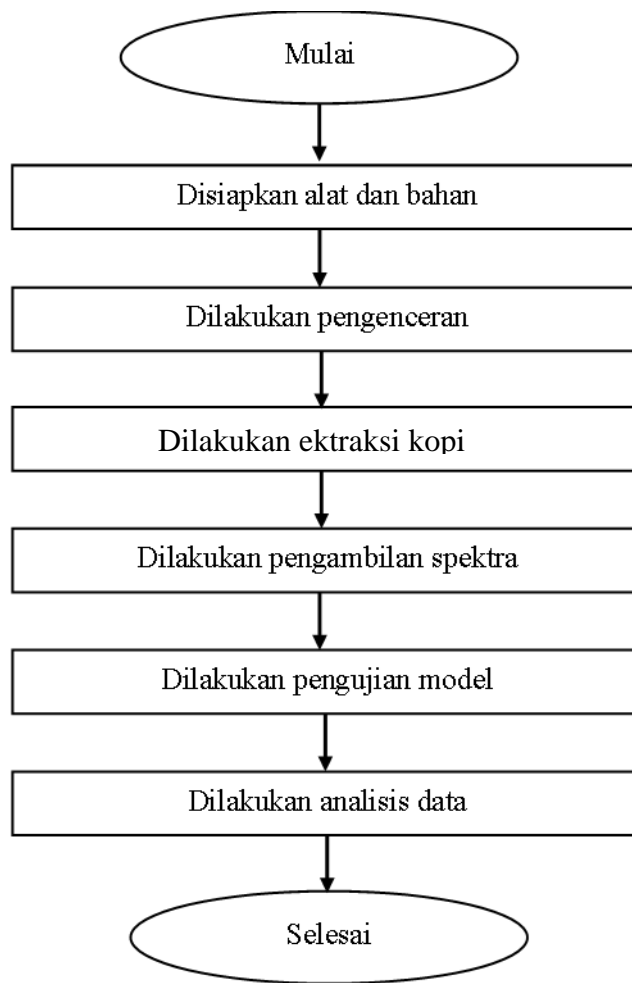
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2023 di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen Pertanian (Lab. RBPP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah toples, timbangan digital, *aluminium foil*, *mesh no.40*, *grinder coffee*, *magnetic stirrer ciblanc*, botol semprot, gelas beaker, Erlenmeyer, pipet ukur, kuvet, kotak hitam, penutup hitam, tisu, spektroskopi fluoresensi jenis *portable* (GoyaLab, *Flourescence Spectroscopy*), dan computer. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kopi Robusta Java Mocha, kopi Arabica Aceh Gayo dan Arabika Kintamani yang diperoleh dari toko penjual kopi yang berada di Bandar Lampung yaitu El's Coffee.

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan *Flourescence Spectroscopy Portable* untuk mengklasifikasikan kopi Kintamani, Gayo, dan Java Mocha. Penelitian ini mencakup proses penggilingan, pengayakan, penimbangan, ekstraksi kopi, penggunaan *flourescence spectroscopy portable*, pembuatan dan pengujian model, dan analisis data yang telah dikumpulkan. Seperti pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.3.1. Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum penelitian dilakukan, persiapkan terlebih dahulu alat dan bahan yang akan digunakan. Persiapan alat terdiri dari pengecekan alat tertentu untuk memastikan bahwa alat yang dipilih dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya. Selanjutnya pembuatan ekstraksi kopi dapat dilakukan dengan melalui langkah-langkah berikut:

1. Penggilingan Kopi

Penggilingan kopi bertujuan untuk menghaluskan biji kopi agar memudahkan dalam ekstraksi 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 seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Penggilingan Sampel Kopi

2. Pengayakan

Proses pengayakan menghasilkan kopi yang halus dengan ukuran yang seragam, ayakan *Tyler Meinzer II* dengan alat *mesh no.40* dengan ukuran jaring 0,419 mm digunakan. Proses ini digambarkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses Pengayakan Sampel

3. Penimbangan

Untuk menghasilkan berat bobot yang sama, sampel kopi ditimbang satu gram per sampel dan setiap kali diulang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Nomor sampel dan bahan sampel ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nomor Sampel dan Bahan Sampel

No Sampel	Jumlah Sampel	Bahan
1-50	50	Java Mocha (JV)
51-100	50	Gayo (GY)
101-150	50	Kintamani (KN)



Gambar 6. Penimbangan Sampel

4. Pembuatan Larutan

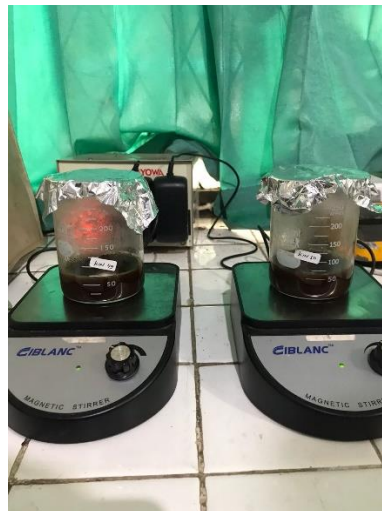
Agar sampel bubuk dapat diuji menggunakan alat spektroskopi fluoresensi portabel, sampel harus dibuat dalam larutan terlebih dahulu. Memasukkan sampel bubuk pada gelas ukur dan larutkan dengan air aquades sebanyak 50 ml disuhu 90–98⁰ Celcius. Proses pembuatan larutan digambarkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Proses Pembuatan Larutan

5. Pengadukan

Proses pengadukan sampel memakai alat *magnetic stirrer ciblanc*, proses ini dilakukan selama 10 menit agar larutan menjadi homogen. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses Pengadukan

6. Penyaringan

Setelah campuran terlarut dan homogen, kertas saring digunakan untuk menyaringnya. Tujuannya adalah untuk menghilangkan ampas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Proses Penyaringan

7. Pengenceran

Larutan sampel yang disaring disebut ekstraksi kopi, yang kemudian diencerkan dengan perbandingan 1:15 dengan *aquades*. Sebelumnya sudah dilakukan studi pendahuluan untuk menentukan rasio pengenceran dan didapatkan rasio perbandingan ini karena nilai fluoresensi yang didapatkan pada perbandingan ini mudah dibaca. Proses pengenceran sampel terletak pada Gambar 10.



Gambar 10. Proses Pengenceran

3.3.2. Pengambilan Spektra Menggunakan Spektrometer

Prosedur pengambilan spektra dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Alir Proses Pengambilan Spektra

3.3.3. Membuat dan Menguji Model

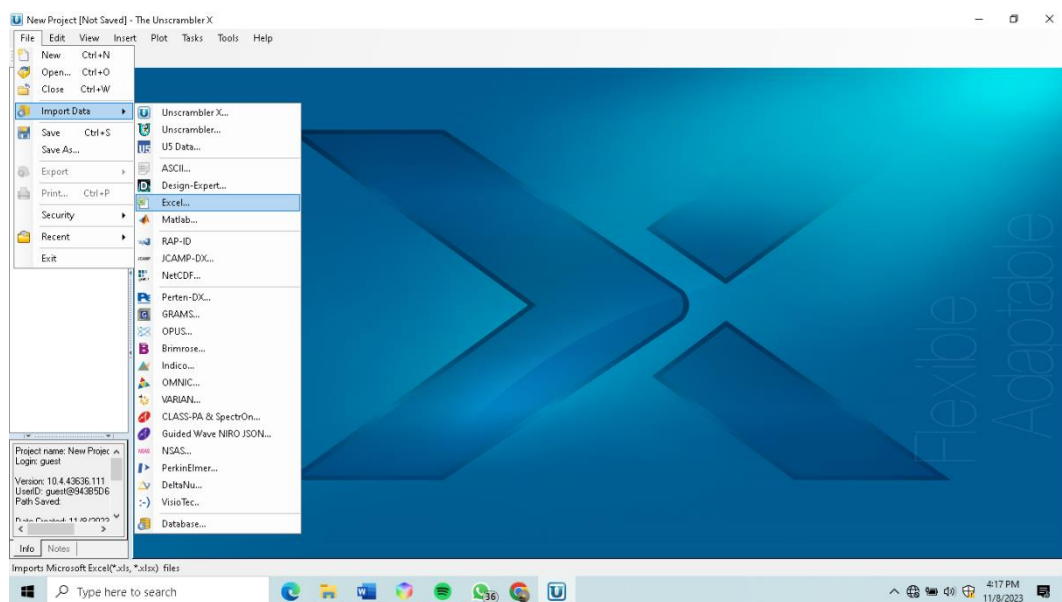
Selanjutnya, nilai yang didapat akan dibuat dan diuji dengan aplikasi *The Unscrambler* versi 10.4 menggunakan metode SIMCA.

3.4. Analisis Data

Analisis data dan deteksi pola sampel dilakukan menggunakan metode *principal component analysis* (PCA) dan *soft independent class analogy* (SIMCA) pada aplikasi *The Unscramble* versi 10.4. Selanjutnya, nilai intensitas dimasukkan ke Excel dan diuji dengan *The Unscrambler* versi 10.4. Model SIMCA dibangun dengan sampel kalibrasi dan sampel validasi. Sebelum dihitung dengan matriks konfusi, hasil klasifikasi dari pengujian model akan diperoleh.

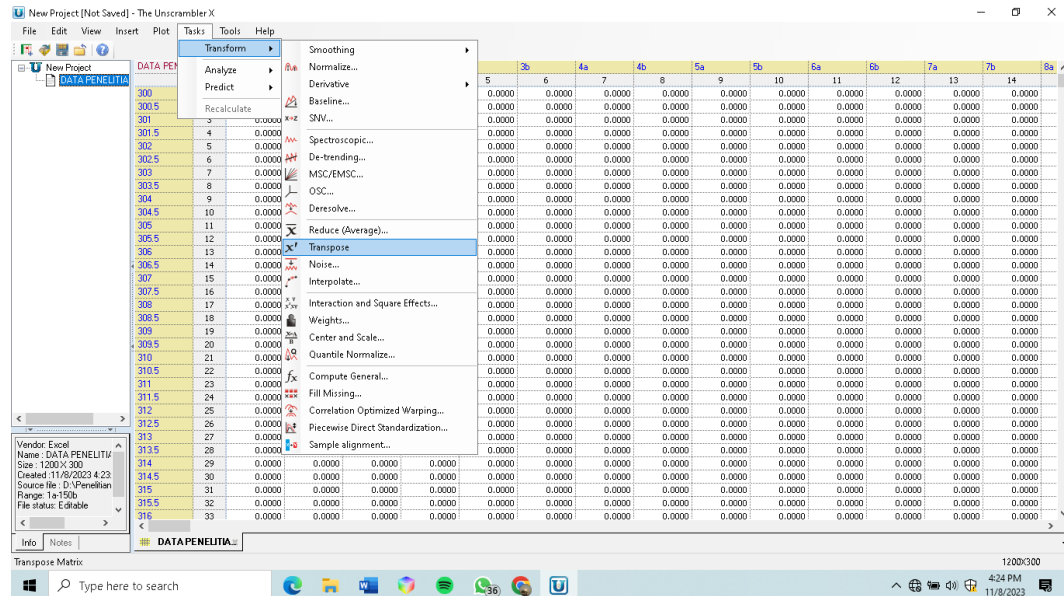
3.4.1. *Principal Component Analysis* (PCA)

Penelitian ini mengumpulkan data intensitas dari lima puluh sampel Java Mocha, lima puluh sampel Gayo, dan lima puluh sampel Kintamani menggunakan spektroskopi fluoresensi portabel. Setelah semua data intensitas digabungkan ke dalam satu file *Microsoft Excel*, *The Unscrambler* digunakan untuk menganalisis file tersebut. Ini dilakukan dengan membuka aplikasi tersebut, memilih file "import data", dan kemudian memilih "format Excel" untuk memasukkan file *Microsoft Excel* yang akan dianalisis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



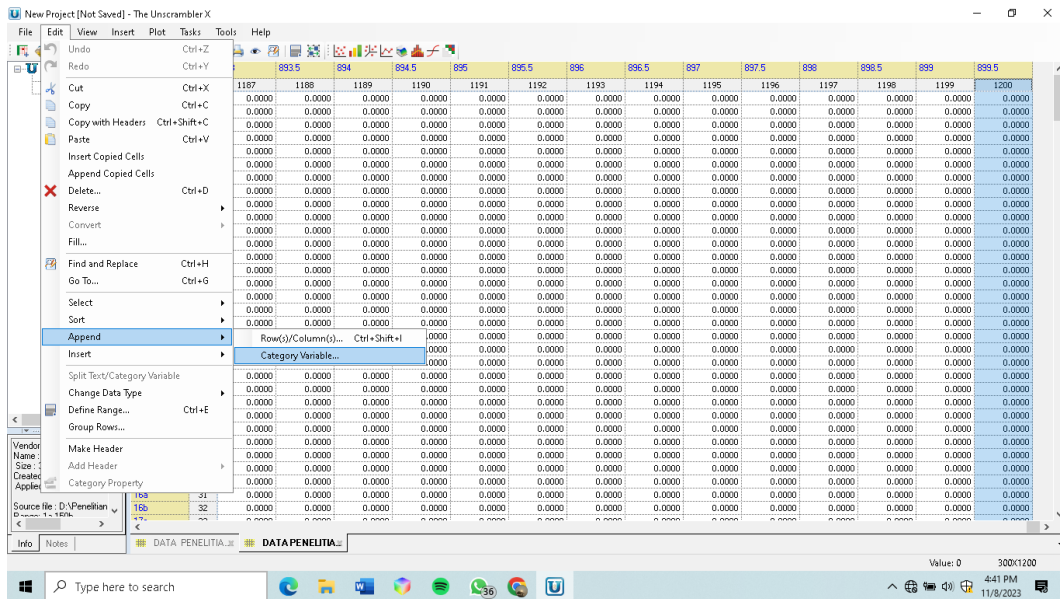
Gambar 12. Cara Memasukkan Data dari Microsoft Excel ke *The Unscrambler*

Setelah import, data akan ditampilkan di layar. Setelah itu, klik tombol Task, pilih Transform, dan klik Transpose. Proses transpose digambarkan pada Gambar 13.



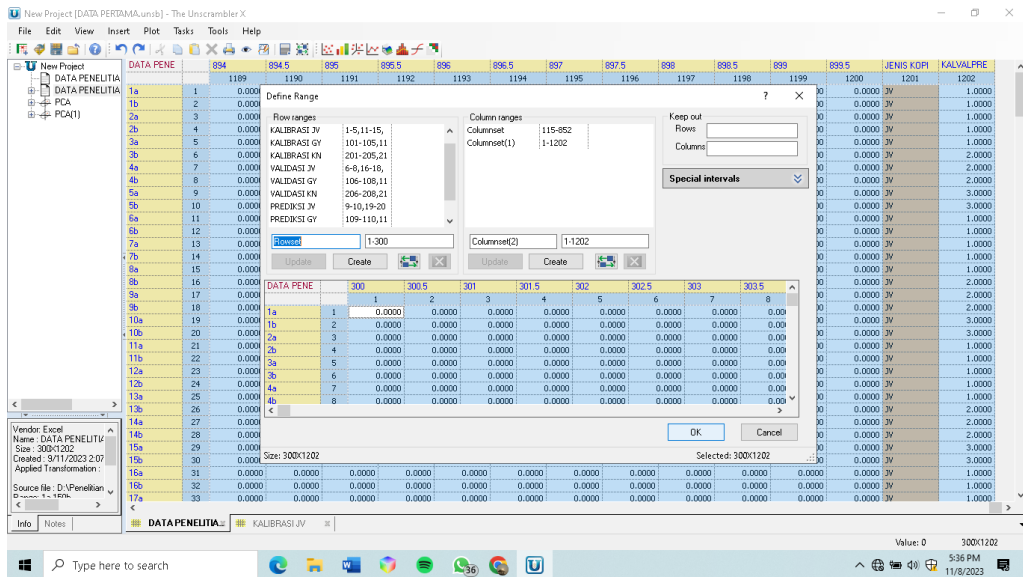
Gambar 13. Langkah Transpose Data Pada *The Unscrambler* 10.4

Sebelum mencari nilai PCA di program *The Unscrambler*, pertama-tama Anda harus membuat nama kategori. Untuk melakukan ini, klik menu *Edit* dan pilih *Append*. Kemudian, pilih *Category Variable* dan isi nama kategori variabel dengan "JENIS KOPI". Kemudian, klik *Add* dan isi nama tingkat dengan "Tambah". Anda juga dapat menggunakan kode sampel Java Mocha (JV), Gayo (GY), dan Kintamani (KN). Gambar 14 menunjukkan proses pengisian Level Name.



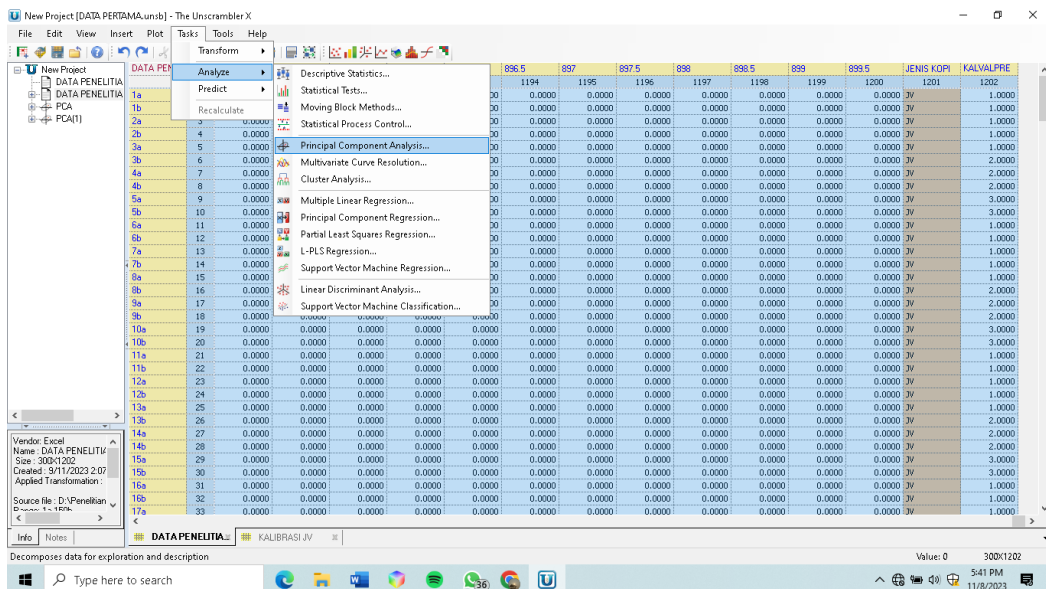
Gambar 14. Cara Membuat Kolom *Category Variable*

Untuk memasukkan seluruh sampel ke dalam kolom yang telah dibuat, klik pada kolom "Jenis Kopi". Sebelum PCA digunakan untuk menganalisis data, mereka dikelompokkan menurut kategori sampel dan *variable*. Untuk mengelompokkan, pilih menu *Edit*, lalu pilih *Define Range*. Kemudian, tambahkan kolom Rowset dan beri nama KALVALPRED (Kalibrasi, Validasi, dan Prediksi) untuk jenis kopi dan kolom PENELITIA set dengan panjang gelombang. Gambar 15 menunjukkan prosesnya.



Gambar 15. Menu *Define Range*

Selanjutnya metode *Principal Component Analysis (PCA)* tahapannya digunakan untuk menganalisis sampel. Ini dimulai dengan memilih menu tugas, selanjutnya pilih *Principal Component Analysis (PCA)*, lalu pilih *Task*, lalu klik *PCA*. Kemudian, pilih *Set up*, dan diisi dengan jumlah validasi pada sampel. Gambar 16 di bawah ini menunjukkan prosesnya.



Gambar 16. Menu Analisis PCA pada *The Unscrambler 10.4*.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan evaluasi model SIMCA yang dibangun dapat disimpulkan bahwa klasifikasi GY dan KN menggunakan *pretreatment normalize* memiliki hasil klasifikasi yang buruk, dengan nilai akurasi 12,5%, spesifisitas 0%, sensitivitas 20%, dan error 87,5%, hal ini diduga sampel GY dan KN merupakan sampel dengan jenis kopi yang sama yaitu jenis kopi arabika sehingga sulit untuk dibedakan, sedangkan untuk hasil klasifikasi GY dengan JV menggunakan *pretreatment MSC + moving average 3 segment* dengan nilai akurasi 97,4%, spesifisitas 100%, sensitivitas 94,7%, dan error 2,6% dan klasifikasi sampel KN dengan JV menggunakan *pretreatment Smoothing Moving Average 5 segment* dengan nilai akurasi 100%, spesifisitas 100%, sensitivitas 100%, dan error 0% memiliki hasil klasifikasi yang sangat baik (*excellent classification*) pada level signifikansi 5%, 10% dan 25% dan berada pada koordinat (0,1) pada kurva ROC.
2. Hasil penelitian membuktikan bahwa metode analisis spektroskopi fluoresensi portabel dengan lampu LED 365 nm dan metode SIMCA dapat membedakan sampel kopi bubuk spesialti dengan jenis kopi yang berbeda dari segi intensitas: kopi arabika memiliki nilai intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan kopi robusta.

5.2. Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat semakin mengembangkan riset menggunakan variasi jenis kopi yang berbeda, seperti jenis kopi Liberika, kopi Luwak atau jenis kopi lainnya, sehingga semakin banyak informasi dan sebagai pembanding hasil spektra pada berbagai jenis kopi yang ada di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. 1990. *Penilaian Sensori*. Universiti Kebangsaan Malaysia. Malaysia.
- Asfirmanto, W. A., Nurlambang, T., dan Waryono, T. 2013. *Pengaruh Kondisi Fisik dan Budidaya terhadap Kualitas Kopi di Kintamani dan Wamena*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Depok.
- Balai Teknologi Polimer. 2020. *Pengujian Sampel Polimer dengan Alat UV-VIS*. <https://polimer.bppt.go.id/id/berita-dan-artikel/artikel/pengujian-dengan-alat-uv-vis>.
- 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>
- Cai T, Ting H, Jin-lan Z. 2016. Novel identification strategy for ground coffee adulteration based on UPLC–HRMS oligosaccharide profiling. *Food Chemistry*. 190: 1046–1049. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.084>
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas.

- Granitei. (n.d.). Jablonski Diagram | What is it? Edinburgh Instruments.
Retrieved January 10, 2023, from
<https://www.eidinst.com/us/blog/jablonski/diagram>
- Haryanto, G. 2008. *Probe Optik Untuk Mengukur Konsentrasi Fitoplankton, Studi Kasus Scenedesmus sp* (Tesis). Universitas Indonesia. Depok. 46 hlm.
- Lakowicz, J.R. 2006. *Principles of Fluorescence Spectroscopy*. 3rd Ed. USA: University of Maryland School of Medicine Baltimore.
- Lavine, B. K., Walczak, B., Tauleir, R., dan Brown, S. 2009. Comprehensive Chemometric: Chemical and Biochemical Data Analysis. *Validation of Classifiers*, 587–599.
- Mawardi, S., Modjo, S.H., Djojodirdjo, S dan Hartiko. H. 2008. *Ketahanan Varietas-Varietas Kopi Arabika terhadap Karat Daun (Hemileia vastatrix B. et Br)*. Pelita Perkebunan, 1: 74-82.
- Miller, J.N., and Miller, J.C. 2000. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*, 4th Edition. Pearson Education. Harlow. 271 hlm.
- Mir'ah, I, A. 2022. *Analisis Kadar Kafein dan Asam Klorogenat Kopi Wonosalam Jombang Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. 70 hlm.
- Nurchahyo, B. 2015. *Identifikasi dan Autentikasi Meniran (Phyllanthus Niruri) Menggunakan Spektrum Ultraviolet Tampak dan Kemometrika* [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Pahlevi, R., Zakaria, W. A., dan Kalsum, U. 2014. Analisis Kelayakan Usaha Agroindustri Kopi Luwak. *Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*. 2(1): 1-8.
- Pascu E. 2013. The authenticity and traceability of food-consumers protection form. *Annals of Faculty of Economics*. 1(1): 658–662.

- Pratiwi, D. Ei., dan Harjoko, A. 2013. *Implementasi Pengenalan Wajah menggunakan PCA (Principal Component Analysis)*. FMIPA UGM.
- Purwanti, I.A. 2015. *Analisis Efisiensi dan Pemasaran Strategis Agribisnis Kopi Di Desa Manikliyu Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli Provinsi Bali*. (Skripsi). Universitas Jember. 213 hlm.
- Rahardjo, P. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Buku. Jakarta. Penebar Swadaya
- Rahayu, Y. 2023. *Penggunaan Uv-Vis Spektroskopi Fluoresensi Portabel dan Metode Simca Untuk Mengidentifikasi Pemalsuan Madu Lebah Heterotrigona itama Nektar Acacia mangium Dengan Bahan Pemanis Buatan HFCS-55*. (Skripsi). Universitas Lampung. 93 hlm.
- Rahma, A. 2020. *Jadi Penghasil Terbesar ke-4 di Dunia, Mengapa Indonesia Masih Impor Kopi?* [Bisnis]. Liputan6.
<https://www.liputan6.com/bisnis/read/4235379/jadi-penghasil-terbesar-ke-4-di-dunia-mengapa-indonesia-masih-impor-kopi>
- Randriani, E., Dani., dan Wardiana, E. 2014. Evaluasi Ukuran Biji Beras, Kadar Kafein, dan Mutu Cita Rasa Lima Kultivar Kopi Arabika. *J. TIDP*. 1 (1): 49-56.
- Reis, N., Franca, A.S., dan Oliveira, L.S. 2013. Quantitative evaluation of multiple adulterants in roasted coffee by diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy (DRIFTS) and chemometrics. *Talanta*, 115:563–568. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.06.004>.
- Ronggo, Y., Chalus, P., Maurer, L., and Martinez, C. L. 2007. A Review of Near Infrared Spektroskopi and Chemometrics in Pharmaceutical Technologies. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 44 (1): 683–700 hlm. <https://doi:10.1021/jf402280y>.

- Rulinawaty, Andriyansah, Zulham, Septiyani, Svastika, A. 2023. Proses Pengolahan Kopi Robusta Porot Temanggung Untuk Mengatasi Kendala Cuaca. *J-Abdib.* 2 (8): 5857-5968.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2019. *Tutorial Analisis Data Spektra menggunakan The Unscrambler*. Graha Ilmu
- Wang, H., Hu, R., Zhang, M., Zhai, Z., dan Zhang, R. 2021. Identification of tomatoes with early decay using visible and near infrared hyperspectral imaging and image-spectrum merging technique. *Journal of Food Process Engineering*, 44(4). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13654>
- Yessiningrum, W. R. 2015. Perlindungan Hukum Indikasi Geografis sebagai Bagian dari Hak Kekayaan Intelektual. *J. IUS.* 3 (7): 42-53.