DISKRIMINASI KOPI LUWAK TERNAK DAN KOPI LUWAK LIAR MENGGUNAKAN *UV-VISIBLE SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA

(SKRIPSI**)**

Oleh

GHIFARI PRAYOGA NUGROHO

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022

ABSTRAK

DISKRIMINASI KOPI LUWAK TERNAK DAN KOPI LUWAK LIAR MENGGUNAKAN *UV-VISIBLE SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA

Oleh

GHIFARI PRAYOGA NUGROHO

Kopi Luwak merupakan produk kopi yang mengandung rendah kafein dengan cita rasa dan aroma yang khas, kopi Luwak didapatkan dari fermentasi musang Luwak dan bernilai jual tinggi. Biji kopi yang dipilih oleh musang Luwak di alam hanya yang paling masak dan terbaik sehingga produk kopi Luwak menjadi langka, dengan adanya kelangkaan kopi Luwak, harga kopi Luwak menjadi tinggi. Kondisi ini menimbulkan munculnya budidaya musang Luwak dan juga terjadinya mislabeling. Berdasarkan fenomena tersebut penelitian ini bertujuan untuk membangun model dan evaluasi model diskriminasi kopi Luwak liar dan ternak berdasarkan daya serap sampel atau absorbannya dengan menggunakan alat *UV-Visible Spectrometer* dan metode SIMCA. Penelitian ini menggunakan sampel berjumlah 180 sampel yaitu, 1gr kopi Luwak liar (KLL) sebanyak 75 sampel, 1gr kopi Luwak ternak (KLT) sebanyak 75 sampel, dan sampel kopi Luwak campuran (KLC) dengan persentase 10% yaitu 0,9 gram kopi Luwak liar + 0,1 gram kopi Luwak ternak sebanyak 10 sampel, 20% yaitu 0,8 gram kopi Luwak liar + 0,2 gram kopi Luwak ternak sebanyak 10 sampel, 30% yaitu 0,7 gram kopi Luwak liar + 0,3 gram kopi Luwak ternak sebanyak 10 sampel, 40% yaitu 0,6 gram kopi Luwak liar + 0,4 gram kopi Luwak ternak sebanyak 10 sampel, 50% yaitu 0,5 gram kopi Luwak liar + 0,5 gram kopi Luwak ternak sebanyak 10 sampel. Sebelum diuji sampel kopi diekstrak dengan air mendidih suhu 90-100°C, kemudian diencerkan menggunakan *aquades* dengan perbandingan 1:50 ml dan

diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 10menit. Sampel yang sudah siap diambil spektranya akan dilakukan 2 kali pengulangan pada rentang panjang gelombang *UV-Visible*. Setelah pengambilan spektra, data spektra yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan *software Microsoft Excel* dan *The Unscrambler* versi 10.4. Hasil perhitungan PCA spektra *original* PC-1 dan PC-2 berjumlah 93%. Hasil PCA terbaik didapatkan menggunakan data spektra *MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* yaitu sebesar 85%. Hasil plot *X-Loading* pada puncak gelombang 280 nm, dan 330 nm mengindikasikan kafein dan senyawa *trigonelline* pada kopi Luwak. Dari penelitian ini evaluasi Model SIMCA data *Pre-Treatment* yang digunakan untuk mendiskriminasi kopi Luwak ternak dan kopi Luwak liar dapat dikategorikan sebagai klasifikasi sempurna atau *excellent clasification* dengan nilai akurasi 100%, spesifisitas 100%, sensitivitas 100%, dan eror 0%. Berdasarkan kurva ROC KLL+KLT yang menjelaskan hubungan spesifisitas dan sensitivitas, menghasilkan klasifikasi sangat baik dikarenakan semakin dekat dengan garis Y (0,1) pada level signifikansi 0,1%, 0,5%, 1%, 5%, 10% dan 25%.

Kata kunci: Diskriminasi, Kopi Luwak liar, Kopi Luwak ternak, *UV-Visible* Spektroskopi, PCA,SIMCA.

ABSTRACT

DISCRIMINATION BETWEEN OF FEEDING AND WILD LUWAK COFFEE USING UV-VISIBLE SPECTROSCOPY AND SIMCA METHODS

By

GHIFARI PRAYOGA NUGROHO

Civet coffee is a coffee product that contains low caffeine with a distinctive taste and flavour, Luwak coffee is obtained from fermented civet and has high selling value. The coffee beans selected by the civet in nature are only the ripest and best so Luwak coffee products are becoming scarce, with the scarcity of Luwak coffee, the price of Luwak coffee is high. This condition led to the emergence of civet coffee cultivation and also the occurrence of mislabelling. Based on this phenomenon, this study aims to build a model and evaluate the discrimination model of wild and feeding Luwak coffee based on the absorption capacity of the sample or its absorbance using the *UV-Visible* Spectrometer and the SIMCA method. This study used a sample of 180 samples, namely, 75 samples of 1gr wild Luwak coffee (KLL), 75 samples of 1gr feeding Luwak coffee (KLT), and mixed Luwak coffee samples (KLC) with a percentage of 10%, namely 0.9 grams of Luwak coffee. 10 samples of wild Civet coffee + 0.1 grams of live Civet coffee, 20% i.e. 0.8 grams of wild Luwak coffee + 0.2 grams of feeding Luwak coffee as many as 10 samples, 30% that is 0.7 grams of wild Luwak coffee + 0.3 grams 10 samples of feeding Luwak coffee, 40% ie 0.6 grams of wild Luwak coffee + 0.4 grams of feeding Luwak coffee as many as 10 samples, 50% that is 0.5 grams of wild Civet coffee + 0.5 grams of feeding Luwak coffee as many as 10 samples. Before testing, the coffee samples were extracted with boiling water at a temperature of 90-100°C, then diluted using distilled water in a ratio of 1:50 ml and

stirred using a magnetic stirrer for 10 minutes. Samples that are ready for spectra to be taken will be repeated 2 times in the UV-Visible wavelength range. After taking the spectra, the spectral data obtained were then analyzed using Microsoft Excel software and The Unscrambler version 10.4. The PCA calculation results for the original PC-1 and PC-2 spectra were 93%. The best PCA results were obtained using MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment spectra data, which was 85%. The results of the X-Loading plot at the peak of the 280 nm and 330 nm waves indicate caffeine and trigonelline compounds in Luwak coffee. From this study, the evaluation of the SIMCA Model of Pre-Treatment data used to discriminate between feeding and wild Luwak coffee can be categorized as perfect classification or excellent classification with 100% accuracy, 100% specificity, 100% sensitivity, and 0% error. Based on the ROC KLL + TLC curve which explains the relationship between specificity and sensitivity, it results in a very good classification because it is closer to the Y line (0.1) at the significance levels 0.1%, 0.5%, 1%, 5%, 10%, and 25%.

Keywords: Discrimination, Wild Civet Coffee, feeding Civet Coffee, UV-Visible Spectroscopy, PCA, SIMCA.

DISKRIMINASI KOPI LUWAK TERNAK DAN KOPI LUWAK LIAR MENGGUNAKAN *UV-VISIBLE SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA

Oleh

Ghifari Prayoga Nugroho

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022

Judul Skripsi	:	**DISKRIMINASI KOPI LUWAK TERNAK DAN KOPI LUWAK LIAR MENGGUNAKAN *UV-VISIBLE SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA**
Nama Mahasiswa	:	Ghifari Prayoga Nugroho
Nomor Pokok Mahasiswa	:	**1814071038**
Program Studi	:	**Teknik Pertanian**
Fakultas	:	**Pertanian**

MENYETUJUI

Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.T.P., M.Agr.	**Meinilwita Yulia, S.T.P., M.Agr. Sc.**
NIP. 197803032001121001	NIP. 197905142008122001

Ketua Jurusan Teknik Pertanian

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 196210101989021001 2

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Meinilwita Yulia, S.T.P., M.Agr. Sc.**

Penguji : **Dr. Ir. Warji, S.T.P., M.Si., IPM.**

2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **07 Oktober 2022**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Bersamaan dengan pernyataan ini saya **Ghifari Prayoga Nugroho,** NPM **1814071038**, menyatakan yang saya tuangkan dalam karya ilmiah ini merupakan tulisan saya dalam pembuatan karya ilmiah sebagai syarat kelulusan saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, pembimbing 1 saya **Prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.T.P., M.Agr.** dan **Meinilwita Yulia, S.T.P., M.Agr. Sc.** Selaku pembimbing 2, karya tulis ini saya tuliskan berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber terpercaya lain seperti buku, jurnal, dll yang telah dipublikasikan. Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggung jawabkannya.

Bandar Lampung, 03 November 2022

pernyataan,

Ghifari Prayoga Nugroho
NPM. 1814071038

RIWAYAT HIDUP

Penulis bertempat lahir di Jakarta, Provinsi DKI Jakarta pada tanggal 20 Agustus 2000. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Agung Nugroho dan Ibu Irma Mardiya Hayati. Penulis menempuh pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) di TK Nurul Iman pada tahun 2005, kemudian dilanjutkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Islam Alam & *Sains* Al-Jannah Jakarta Timur dan selesai studi pada tahun 2012, kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Ibnu Hajar *Boarding School* dan selesai studi pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Ibnu Hajar *Boarding School* selesai studi pada tahun 2018.

Penulis menjadi salah satu mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2018. Pada awal perkuliahan penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai Anggota Bidang Informasi dan Komunikasi pada tahun periode 2018-2020.

Penulis telah menyelesaikan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada periode 1 tahun 2021 di Desa Kebon Pala, Kecamatan Makasar, Kota Jakarta Timur selama 40 hari pada tanggal 01 Februari sampai 10 Maret 2021, kemudian pada tanggal 02 Agustus sampai 10 September 2021, penulis melakukan kegiatan Praktik Umum (PU) di PT Madu Pramuka Jakarta Timur dengan judul "Pengenalan Koloni Lebah *Apis mellifera* dan Pengembangan Tanaman Penghasil Nektar Madu di PT Madu Pramuka Jakarta Timur".

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala atas segala nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad Sallahu Alaihi Wasallam dan keluarga serta para sahabatnya. Skripsi penulis berjudul **"Diskriminasi Kopi Luwak Ternak Dan Kopi Luwak Liar Menggunakan *Uv-Visible Spectroscopy* Dan Metode Simca"** merupakan salah syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis memahami dan menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak luput dari kekurangan dan kesalahan. Banyak pihak yang memberikan bantuan, dukungan serta memberikan bimbingan kepada penulis selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak, di antaranya:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
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.T.P., M.Agr., selaku dosen pembimbing akademik penulis yang meluangkan waktunya untuk memberikan masukan, arahan, motivasi dan nasihat selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Meinilwita Yulia, S.T.P., M.Agr.Sc., selaku dosen pembimbing kedua penulis yang membimbing, memberi saran dan dorongan dalam proses penyusunan skripsi ini.

5. Bapak Dr. Ir. Warji, S.T.P., M.Si., IPM. selaku dosen pembahas penulis yang telah memberikan kritik, koreksi dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
7. Seluruh Staf Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
8. Ayah saya Agung Nugroho, Ibu saya Irma Mardiya Hayati, kakak saya Astrid Theola Azarine, kedua adik saya Akbar Rayhan Nugroho, dan Nadhira Naura Nugroho serta seluruh anggota keluarga besar atas semua doa, kasih sayang, dukungan dan nasihat yang telah diberikan.
9. Teman seperjuangan skripsi dan pembimbing penelitian yaitu Aris Bagus Himawan, kak Alvin, kak Adit.
10. Sahabat saya Yoshua Benget Sihotang, Ivo Ali Syaifullah Alwi, Tubagus Reza Syah Alam, Aditya Adwijaya, M. Rizky Kurniawan, Ekayana yang selalu mendengarkan keluh kesahku, berbagi cerita, memberikan semangat serta dukungan dalam penelitian hingga proses penyusunan skripsi ini.
11. Keluarga Teknik Pertanian 2018 yang telah menjadi bagian dari keluarga penulis selama kehidupan diluar kampus, perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna. Semoga skripsi ini memberi banyak manfaat untuk semua yang terlibat dan masyarakat umum.

Bandar Lampung,
Penulis

Ghifari Prayoga Nugroho

DAFTAR ISI

`Halaman

DAFTAR ISI..... i

DAFTAR GAMBAR..... iii

DAFTAR TABEL vii

I.PENDAHULUAN.....1
1.1. Latar Belakang.....1
1.2. Rumusan Masalah.....4
1.3. Tujuan Penelitian 4
1.4. Manfaat Penelitian 5
1.5. Batasan Masalah 5
1.6. Hipotesis Penelitian 5

II. TINJAUAN PUSTAKA.....6
2.1. Kopi.....6
2.2. Kopi Luwak Liar 7
2.3. Kopi Luwak Ternak.....9
2.4. Kopi Luwak Campuran 10
2.5. *UV-Visible Spectrometer*.....10
2.6. Ekstraksi 12
2.7. Metode Kemometrika.....12
2.7.1 *Principal Component Analysis* (PCA).....13
2.7.2 Metode *Soft independent modelling of class analogy* (SIMCA).....13

III. METODOLOGI PENELITIAN 15
3.1. Waktu dan Tempat.....15
3.2. Alat dan Bahan.....15
3.3. Prosedur Penelitian 16
3.3.1.Persiapan Alat dan Bahan 16
3.3.2.Pengambilan Spektra Menggunakan Spektrometer.....23
3.3.3.Membangun dan Menguji Model.....23
3.3.4.Analisis Data.....24
3.3.4.1.*Principal Component Analysis* (PCA).....24
3.3.4.2.Pre-Treatment 27
3.3.4.3.Membuat Model Menggunakan *Analysis Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA).....30
3.3.4.4.Matriks Konfusi (*Confusion Matrix*).....30
3.3.4.5.Kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC).....31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....33
4.1 Analisis Spektra Kopi Luwak Liar, Ternak dan Campuran 33

4.1.1Analisis Spektra Kopi Luwak Liar dan Kopi Luwak Ternak Menggunakan Data *Original*.....35
4.1.2 Analisis Spektra Kopi Luwak Menggunakan Data *Pre-Treatment*.37
4.2. Hasil *Principal Component Analysis* (PCA) pada Panjang Gelombang *UV-Visible*.....41
4.2.1. Hasil PCA Menggunakan Data *Original*.....41
4.2.2. Hasil PCA Menggunakan Data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average* 9 *Segment*.....44
4.3. Model *Soft Independent Modelling of Class Analogy* (SIMCA) pada Panjang Gelombang *UV-Visible*.....46
4.3.1. Model *Soft Independent Modelling of Class Analogy* (SIMCA) Menggunakan Data *Original* 46
4.3.2. Model *Soft Independent Modelling of Class Analogy* (SIMCA) Menggunakan Data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average* 9 *Segment*.....48
4.4. Klasifikasi Sampel pada Panjang Gelombang *UV-Visible*.....50
4.4.1. Klasifikasi Menggunakan Data *Original*.....50
4.4.2. Klasifikasi Menggunakan Data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average* 9 *Segment* 53
4.5. Plot *Coomans*.....56
4.5.1. Plot *Coomans* Menggunakan Data *Original* pada Panjang Gelombang *UV-Visible* 56
4.5.2. Plot *Coomans* Menggunakan Data *Pre-Treatment* MSC + Smoothing *Moving Average* 9 *Segment* pada Panjang Gelombang 190-1100nm 59
4.6. Kurva *Receiver Operating Characteristic (*ROC).....62
4.6.1. Kurva ROC Menggunakan Data *Original* pada Panjang Gelombang *UV-Visible* 63
4.6.2. Kurva ROC Menggunakan Data *Pre-Treatment* MSC + *Smoothing Moving Average* 9 *Segment* pada Panjang Gelombang *UV-Visible*.....67

V.KESIMPULAN DAN SARAN 73
5.1. Kesimpulan 73
5.2. Saran 73

LAMPIRAN.....78

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

1. Kopi luwak setelah melewati fermentasi 8

2. Musang Luwak yang ditangkarkan 9

3. Prinsip kerja *UV-Visible Spectrometer* 11

4. Peta daerah sampel (A), Kopi Luwak liar (B), Kopi Luwak ternak (C) 15

5. Diagram alir tahapan penelitian 16

6. Proses penyangraian kopi Luwak liar Cikuray 17

7. Proses penggilingan kopi 18

8. Proses pengayakan sampel kopi.....18

9. Penimbangan sampel 20

10. Proses pembuatan larutan.....20

11. Proses pengadukan.....21

12. Proses penyaringan 22

13. Proses pengenceran.....22

14. Diagram alir prosedur pengoperasian *UV-Visible Spectrometer* 23

15. Langkah mengimport data ke *The Unscrambler* versi 10.4.....25

16. Langkah transpose data ke *The Unscrambler* versi 10.4. 25

17. Langkah membuat kolom *Category Variable*.....26

18. Tampilan menu *Define Ranges*. 26

19. Langkah PCA pada *The Unscrambler* 10.4. 27

20. Menu SIMCA.....30

21. Hasil penggilingan kopi Luwak liar (A) dan kopi Luwak ternak (B).....34

22. Grafik nilai rata-rata absorban spektra original pada panjang gelombang *UV-Visible*. 36

23. Nilai rata-rata absorban data *Pre-Treatment MSC + Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible*. 40

24. Plot skor hasil PCA data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible*.....42

25. Grafik X-Loading PC-1 dan PC-2 hasil analisis PCA menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible*. 43

26. Plot skor hasil PCA menggunakan data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible*.....45

27. Grafik X-Loading PC-1 dan PC-2 hasil analisis PCA menggunakan data *Pre-Treatment Msc + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible*. 46

28. Model kalibrasi dan validasi sampel KLL menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible* 47

29. Model kalibrasi dan validasi sampel KLT menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible* 47

30. Model kalibrasi dan validasi sampel KLC menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible* 48

31. Model kalibrasi dan validasi sampel KL menggunakan Data *Pre-Treatment Msc + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible* 49

32. Model kalibrasi dan validasi sampel KLT menggunakan data *Pre-Treatment Msc + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-VIS*. 49

33. Model kalibrasi dan validasi sampel KLC menggunakan data *Pre-Treatment Msc + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible* 50

34. Plot *Coomans* hasil klasifikasi Model SIMCA KLL dan KLT menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible* 57

35. Plot *Coomans* hasil klasifikasi Model SIMCA KLL dan KLC menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible*. 58

36. Plot *Coomans* hasil klasifikasi Model SIMCA KLT dan KLC menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible*. 59

37. Plot *Coomans* hasil klasifikasi Model SIMCA KLL dan KLT menggunakan data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible*. 60

38. Plot *Coomans* hasil klasifikasi Model SIMCA KLL dan KLC menggunakan data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible* 61

39. Plot *Coomans* hasil klasifikasi Model SIMCA KLT dan KLC menggunakan data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible*. 62

40. Kurva ROC klasifikasi KLL dan KLT menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible*. 64

41. Kurva ROC klasifikasi KLL Dan KLC menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible* 65

42. Kurva ROC klasifikasi KLT dan KLC menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible* 67

43. Kurva ROC klasifikasi KLL dan KLT menggunakan data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible*. 68

44. Kurva ROC klasifikasi KLL dan KLC menggunakan data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible*.....70

45. Kurva ROC klasifikasi KLT dan KLC menggunakan data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible.*.....71

46. Ayakan 40 mesh (a) dan Penggiling kopi (b) 86

47. Bahan *aquades* (a) dan Air kopi (b).....87

48. Alat yang digunakan *UV-Visible Spectrometer Geneysis 10S (Thermo Elektron Instrument*, USA) (a) Kuvet (b) Pipet tetes (c) 87

49. Proses roasting kopi (a) Proses pengayakan (b).....88

50. Proses penimbangan (a) Proses pencampuran sampel (b) 88

51. Proses pengenceran sampel (a) Proses pengadukan sampel (b) 88

52. Proses penyaringan sampel (a) Proses pengambilan ekstrak sampel (b).....89

53. Proses pemasukan ekstrak sampel ke alat *UV-Vis Spectrometer* (a) Olah data, analisis dan perhitungan (b) 89

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

1. Perbedaan kadar kafein kopi Luwak dengan kopi tanpa fermentasi Luwak 8

2. Nomor sampel dan komposisi bahan 19

3. Matriks konfusi 31

4. Syarat mutu khusus kopi arabika 34

5. Hasil *Pre-Treatment* spektra *original* menggunakan beberapa *Pre-Treatment* di panjang gelombang *UV-Visible* 37

6. Matriks konfusi model SIMCA KLL dengan model SIMCA KLT menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible*..... 51

7. Matriks konfusi model SIMCA KLL dengan model SIMCA KLC menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible*..... 52

8. Matriks konfusi model SIMCA KLT dengan model SIMCA KLC menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible*..... 53

9. Matriks konfusi model SIMCA KLL dengan model SIMCA KLT menggunakan data *Pre-Treatment Msc + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible* 54

10. Matriks konfusi model SIMCA KLL dengan model SIMCA KLC menggunakan data *Pre-Treatment Msc + Smoothing Moving Average 9* Segment pada panjang gelombang *UV-Visible*..... 54

11. Matriks konfusi model simca KLT dengan model SIMCA KLC menggunakan data *Pre-Treatment Msc + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible*. 55

12. Hasil tingkat spesifisitas dan sensitivitas dari hasil klasifikasi KLL dengan KLT menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible* di beberapa level signifikansi..... 63

13. Hasil tingkat spesifisitas dan sensitivitas dari hasil klasifikasi KLL dengan KLC menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible* di beberapa level signifikansi..... 64

14. Hasil tingkat spesifisitas dan sensitivitas dari hasil klasifikasi KLT dengan KLC menggunakan data *original* pada panjang gelombang *UV-Visible* di beberapa level signifikansi. 67

15. Hasil tingkat spesifisitas dan sensitivitas dari hasil klasifikasi KLL dengan KLT menggunakan data *Pre-Treatment Msc + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible* di beberapa level signifikansi. 68

16. Hasil tingkat spesifisitas dan sensitivitas dari hasil klasifikasi KLL dengan KLC menggunakan data *Pre-Treatment Msc + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible* di beberapa level signifikansi. 69

17. Hasil tingkat spesifisitas dan sensitivitas dari hasil klasifikasi KLT dengan KLC menggunakan data *Pre-Treatment Msc + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible* di beberapa level signifikansi. 71

18. Klasifikasi model SIMCA pada sampel KLL dan KLT data *original* di panjang gelombang *UV-Visible* 79

19. Klasifikasi model SIMCA pada sampel KLL dan KLC data *original* di panjang gelombang *UV-Visible* 80

20. Klasifikasi model SIMCA pada sampel KLT dan KLC data *original* di panjang gelombang *UV-Visible* 81

21. Klasifikasi model SIMCA pada sampel KLL dan KLT data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* di panjang gelombang *UV-Visible* 82

22. Klasifikasi model SIMCA pada sampel KLL dan KLC data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* di panjang gelombang *UV-Visible* 83

23. Klasifikasi model SIMCA pada sampel KLT dan KLC data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* pada panjang gelombang *UV-Visible* 84

24. Glosarium (Suhandy dan Yulia, 2019) 85

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kopi merupakan produk pertanian dengan komoditas perkebunan yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia. Produk pertanian ini menjadi sumber pendapatan utama bagi kurang lebih 1,97 juta kepala keluarga (KK) petani kopi yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Selain itu, komoditas ini juga berperan penting dalam meningkatkan devisa negara, menciptakan lapangan kerja di sektor industri hilir, memproduksi bahan baku industri, pengembangan wilayah serta perlindungan lingkungan. Kontribusi ekspor kopi terhadap ekspor perkebunan mencapai 23,59% pada tahun 2011. Proposisi nilai ekspor kopi yang besar mencerminkan bahwa produk kopi layak dijadikan sebagai salah satu komoditas terpenting Indonesia (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2013) Perkebunan kopi yang memiliki peluang besar tersebut sepatutnya terus dikembangkan agar lebih dikenal khalayak nasional maupun internasional bahwa kopi di Indonesia sendiri memiliki kualitas yang baik dan beragam.

Peluang besar dalam perkebunan kopi di Indonesia membuat Direktur Jenderal Industri Kecil Menengah dan Aneka Kementerian Perindustrian (Kemenperin) Gati Wibawaningsih menyatakan industri kopi di Indonesia menjanjikan, namun perlu dilakukan pelatihan dan standarisasi bagi pekerja di industri kopi supaya kualitas kopi lokal tetap terjaga. Setelah semua pekerja industri kopi punya standar pengolahan kopi yang sama, maka merekalah yang akan didorong untuk menyuplai ke kedai-kedai kopi, sehingga penggunaan kopi lokal akan berkembang (Rahma, 2020). Berdasarkan permasalahan kopi yang terjadi di Indonesia, industri kopi Luwak dapat menjadi jalan baru untuk menambah nilai kopi Indonesia.

Indonesia adalah negara pertama yang dikenal sebagai negara asal kopi Luwak. Kopi Luwak merupakan kopi yang telah dikonsumsi oleh Luwak. Musang memilih buah kopi yang matang sempurna untuk makanan. Biji kopi yang keras, tidak tercerna, dan terlindung dari tanduk muncul bersama *feses* luwak. Para pecinta kopi mengatakan bahwa kopi luwak rasanya lebih enak dari kopi biasa. Hal ini dikarenakan beberapa khasiat yang dimiliki kopi Luwak. Kopi Luwak dikenal sebagai kopi paling enak di dunia karena kandungan kafeinnya lebih sedikit, keasamannya lebih rendah, lemaknya lebih sedikit dan rasa pahitnya lebih sedikit, dan telah disertifikasi sebagai *Guinness World Records* sebagai *the 1st Excellent & Most Expensive Coffee in the World* (Ekspor, 2013). Dengan keunikan industri kopi luwak di Indonesia, industri ini dapat meningkatkan ketenaran kopi Indonesia dan menjanjikan harga kopi yang lebih tinggi.

Harga kopi Luwak robusta di pasar Indonesia mencapai 750.000 - 1.500.000 rupiah per kg. Harga pasaran internasional satu kg kopi Luwak mencapai harga 5-8 juta rupiah. Pasar utama ekspor produk kopi Luwak asal Indonesia adalah Jepang, Korea Selatan, dan Arab Saudi (Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia, 2014). Karena harganya yang mahal, masyarakat membudidayakan musang Luwak (*Paradoxurus hermaphtodites*) dan menanam kopi untuk mengembangkan usaha kopi Luwaknya. Produsen kopi Luwak Indonesia sebagian besar berada di Sumatera dan Jawa. Terdapat beberapa daerah penghasil utama kopi Luwak di Indonesia, seperti desa Gayo lues, Sidikalang dan desa Janji maria di Sumatera Utara, Kota Pagaralam dan Semende di Sumatera Selatan, Kotabumi Lampung, Jawa Barat dan Jawa Timur (Ekspor, 2013). Secara umum, musang yang biasa mengkonsumsi kopi untuk menghasilkan kopi Luwak adalah musang bulan (Tilu) dan musang Binturong (Musang Molen). Ada dua spesies musang unggulan yang biasa ditanam untuk produksi kopi Luwak, yaitu musang Tilu atau musang berambut hitam dan musang Molen atau binturong. Musang Luwak (tilu) atau musang bulan berbulu hitam dicirikan oleh bulu putih (genetik harimau) di pipi dan ujung ekornya. Kelebihan musang Bulan, hewan ini bisa memetik biji kopi sejak umur tiga tahun dan bisa memakan 3 kg kopi matang dalam satu malam. Musang Luwak (moren) atau musang binturong berambut hitam memiliki ciri

polos tanpa bulu putih di wajah/pipi dan tidak ada bulu putih di ujung ekor. Musang Binturong dapat memilih kopi pada usia 12 tahun dan mengkonsumsi 10 kg kopi matang dalam semalam (Ekspor, 2013). Semakin tinggi jumlah musang yang ditangkap, semakin stres musang, yang dapat menyebabkan produksi yang lebih rendah.

Salah satu penyebab turunnya produksi kopi luwak adalah karena suhu lingkungan yang tidak sesuai dengan habitat asli musang tersebut. Musang Luwak menghuni dataran rendah hingga 2.500 meter di atas permukaan laut. Stres panas memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan. Suhu rata-rata optimal kandang adalah 22°C pada pagi hari, 24°C pada siang hari, 22°C pada sore hari dan 20°C pada malam hari. Kelembaban relatif rata-rata kandang adalah 84% pada pagi hari, 76% pada siang hari, 85% pada sore hari dan 83% pada malam hari. Suhu dan kelembaban mempengaruhi reproduksi, metabolisme tubuh, ketahanan terhadap penyakit, dan produktivitas hingga kematian. Hewan yang secara fisiologis mengalami *heat stress* mengalami kehilangan nafsu makan dan peningkatan minum, sehingga terjadi penurunan metabolisme. Penurunan produktivitas kopi Luwak yang disebabkan karena musang luwak mengalami stress sehingga mempengaruhi saluran pencernaan dengan tanda feses yang dikeluarkan oleh musang menjadi cair dan menurunkan kualitas kopi yang dikonsumsinya. Jika luwak tidak mengkonsumsi kopi, maka penjualan kopi luwak akan menurun. Gangguan pencernaan pada musang dapat menyebabkan resistensi penyakit dan kematian (Lovela, 2021).

Berdasarkan fakta budidaya musang Luwak mengakibatkan kualitas kopi Luwak ternak tidak lebih baik dari kopi Luwak liar yang disebabkan karena hewan Luwak yang diternakkan mengalami stres. Sedangkan pada kopi Luwak liar memiliki kualitas yang lebih baik sehingga memiliki harga yang lebih tinggi dari kopi Luwak ternak. Dari fakta tersebut banyak peternak kopi Luwak yang melakukan permainan bisnis untuk keuntungan pribadi mereka. Ada beberapa cara yang mereka lakukan seperti dengan melabeli produk kopi Luwak ternak mereka dengan kopi Luwak liar, mencampurkan kopi Luwak liar dan kopi Luwak ternak dengan beberapa perbandingan persentase, dan pencampuran kopi Luwak

Liar dengan bukan kopi Luwak. Dengan adanya mislabeling ini untuk mendiskriminasi secara visual kopi Luwak ternak dan kopi Luwak liar sulit dilakukan sekalipun dengan orang yang ahli (expert) di bidangnya, Maka dari itu peneliti ingin membangun model untuk mendiskriminasikan kopi Luwak ternak dan liar menggunakan *UV-Visible Spectroscopy* dan metode SIMCA.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang mendasari penelitian ini mengacu pada tingginya permintaan dari kopi Luwak yang memiliki cita rasa dan aroma khas yang meningkat. Sedangkan untuk mendapatkan kopi Luwak tersebut cukup sulit karena memerlukan peran dari musang Luwak *(Paradoxurus hermaphtodites)* untuk fermentasi. Maka dari itu banyak pengusaha kopi Luwak ini membudidayakan musang Luwak untuk memenuhi permintaan dari pasar, namun budidaya tersebut menyebabkan musang Luwak tersebut stres dan menurunkan kualitas kopi Luwak. Dengan adanya perbedaan kopi Luwak liar dan ternak terjadi fenomena mislabeling dengan melabeli kopi Luwak ternak sebagai kopi Luwak liar. Dengan adanya mislabeling ini peneliti ingin membangun dan mengevaluasi model diskriminasi untuk mendiskriminasi kopi Luwak ternak dengan kopi Luwak liar menggunakan alat *UV-Visible Spectrometer* dan metode SIMCA.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun model diskriminan untuk membedakan kopi Luwak ternak dengan kopi Luwak liar dengan menggunakan *UV- Visible Spectroscopy* dan metode SIMCA.
2. Mengevaluasi model diskriminasi yang digunakan untuk membedakan kopi Luwak ternak dengan kopi Luwak liar dengan menggunakan *UV- Visible Spectroscopy* metode SIMCA.

.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dijadikan bahan referensi tentang penelitian diskriminasi kopi Luwak ternak dan kopi Luwak liar dengan menggunakan alat *UV-Visible spectrometer* dan metode SIMCA.
2. Memberikan informasi bagaimana alat *UV-Visible spectrometer* dengan metode SIMCA mampu mendiskriminasi kopi Luwak ternak dan liar.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan penelitian hanya melingkupi pada kopi Luwak ternak dan kopi Luwak liar serta campuran keduanya.
2. Penelitian hanya sebatas mendiskriminasi dari hasil absorbansi.
3. Penelitian ini tidak melakukan uji kadar kafein, kadar asam dan kandungan kimia kopi lainnya.

1.6. Hipotesis Penelitian

Peneliti memiliki hipotesis dari penelitian ini yaitu karakteristik kopi Luwak liar dan kopi Luwak ternak dapat mendiskriminasi berdasarkan daya serap cahaya di panjang gelombang *UV-Visible Spectroscopy*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kopi

Kopi merupakan produk pertanian yang berperan penting bagi sektor perkebunan di Indonesia. Kopi arabika (*Coffea arabica*) merupakan jenis kopi pertama kali yang masuk ke Indonesia pada tahun 1699. Tercatat dimulai abad ke-18 kopi Arabika menjadi komoditas yang memegang peranan besar dan mengharumkan bangsa dengan sebutan *Java Coffee* (Syamsulbahri, 1985).

Klasifikasi tanaman kopi (*Coffea sp*.) menurut (Rahardjo, 2012) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan pembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (Berkeping dua)
Sub Kelas	: Asteridae
Ordo	: Rubiaceae
Famili	: Rubiaceae
Genus	: Coffeae
Spesies	: *Coffea sp (Cofffea arabica , Coffea canephora, Coffea liberica, Coffea excels)*

Indonesia memiliki jenis kopi Luwak yang mempunyai citra rasa yang berbeda karena sudah mengalami proses fermentasi dari pencernaan hewan Luwak (*Paradoxurus hermaproditus*) (Waluyo *et al*., 2017).

2.2. Kopi Luwak Liar

Kopi Luwak merupakan salah satu produk pertanian khas Indonesia yang langka atau sulit didapatkan. Kopi Luwak pada mulanya merupakan kopi yang dipilih oleh Luwak liar yang hidup secara alamiah di hutan maupun disekitar kebun kopi. Kopi yang dipilih untuk dikonsumsi oleh musang Luwak merupakan kopi terbaik maka dari itu kopi Luwak memiliki cita rasa yang sangat istimewa karena melalui proses enzimatis di dalam saluran pencernaan Luwak. Kopi yang sudah melalui fermentasi luwak melalui enzim pemecah protein (protease) di dalam lambung Luwak yang menghasilkan kadar protein yang lebih rendah pada kopi Luwak, sehingga mengurangi rasa pahit, melalui proses tersebut kopi Luwak juga mengandung kadar kafein yang lebih rendah sehingga lebih aman bagi penderita penyakit jantung dan lambung (maag). Akan tetapi sejalan dengan meningkatnya permintaan pasar, maka kopi Luwak yang dijual mengalami kenaikan harga seiring dengan menipisnya persediaan dan juga tingginya permintaan dari pasar (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2013).

Binatang Luwak yang dapat menghasilkan kopi berkualitas karena kemampuannya memilih biji kopi yang baik. Ketika di kebun kopi, Luwak hanya akan memakan biji kopi yang telah masak/merah dan bebas cacat. Oleh sebab itu, hanya sekitar 10-15% yang dapat dimakannya, dan jumlah tersebut diolah lebih lanjut untuk dijadikan kopi bubuk (Bank Indonesia, 2011). Kemudian dalam proses fermentasi alami yang berlangsung di dalam perut Luwak terjadi perubahan komposisi kimia pada biji kopi sehingga kualitas rasa kopi tersebut lebih baik dari kopi tanpa fermentasi musang Luwak, hal ini juga disebabkan karena suhu fermentasi yang optimal serta enzim dan bakteri yang membantu proses pada pencernaan Luwak (Fauzi *et al*., 2018). Karena sebab itulah kopi Luwak merupakan kopi yang memiliki cita rasa yang khas dan banyak dikenal hingga mancanegara dengan keunikan rasa dan kenikmatannya (Wilujeng & PR, 2013). Kopi Luwak yang telah melewati proses fermentasi ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.

Gambar 1. Kopi luwak setelah melewati fermentasi (Sumber: https://www.solopos.com/, 2020)

Biji kopi dengan feses Luwak memiliki kandungan gula sebesar 2, 32% dan karbohidrat sebesar 49,79% (Hadipernata & Sigit, 2012). Kopi Luwak memiliki kandungan kafein yang rendah (0,5–1 %), Rendahnya kadar kafein kopi Luwak ini disebabkan oleh proses fermentasi dalam sistem pencernaan Luwak. Rendahnya kafein juga mempengaruhi aroma kopi menjadi harum (Fuferti *et al*., 2013).

Kadar kafein kopi Luwak liar dan ternak tidak memiliki perbedaan yang signifikan karena sama-sama melalui proses fermentasi oleh musang Luwak (*Paradoxurus hermaproditus*), namun Menurut (R. Yulia *et al*., 2016) kadar kafein dari kopi Luwak memiliki perbedaan dengan kopi tanpa proses fermentasi. Perbedaan kadar kafein kopi jenis Robusta dengan Arabika tanpa melalui proses fermentasi dan kopi Robusta serta Arabika dengan melewati proses fermentasi ditunjukkan dari Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbedaan kadar kafein kopi Luwak dengan kopi tanpa fermentasi Luwak (Yulia *et al*., 2016)

Kadar kafein kopi Luwak Robusta dan Arabika	
Kopi Luwak Robusta	1,77%
Kopi Luwak Arabika	1,74%
Kadar kafein kopi Robusta dan Arabika tanpa fermentasi Luwak	
Kopi Luwak Robusta	1,91%
Kopi Luwak Arabika	1,85%

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kadar kafein kopi yaitu jenis kopi dan cara pengolahan. Berdasarkan data dari tabel tersebut ada dua cara pengolahan kopi

yaitu cara pengolahan kering dan pengolahan basah (fermentasi Luwak) (Yulia *et al*., 2016).

2.3. Kopi Luwak Ternak

Kopi Luwak Ternak pada dasarnya sama-sama kopi yang dihasilkan dari fermentasi. Kopi Luwak ternak merupakan hasil dari budidaya musang Luwak (*Paradoxurus hermaproditus*) yang dilakukan pebisnis yang ingin mencoba peruntungan dalam kenaikan harga kopi Luwak yang tinggi. Dengan cara ini didapatkan panen yang banyak dengan waktu yang lebih cepat dari Kopi Luwak liar, namun dengan cara budidaya ini tidak menghasilkan kopi Luwak yang sebaik kopi Luwak liar. Kegiatan penangkaran musang Luwak umumnya dilakukan bersamaan dengan memproduksi kopi Luwak, yang dilakukan oleh suatu perusahaan secara mandiri. Di Indonesia, musang Luwak merupakan salah satu hewan yang banyak ditangkarkan. Alasan dilakukannya penangkaran terhadap musang Luwak adalah untuk mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil kopi fermentasi Kopi Luwak. Namun dengan melakukan penangkaran tersebut musang Luwak mengalami stress yang dapat menyebabkan kualitas kopi hasil kopi Luwak ternak tidak sebaik kopi Luwak liar, sehingga harga kopi Luwak ternak lebih rendah dari kopi Luwak liar. Selain stres dan harga yang lebih rendah, budidaya kopi Luwak juga ditentang oleh banyak masyarakat karena melanggar kesejahteraan hewan. Penangkaran musang Luwak ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini.

Gambar 2. Musang Luwak yang ditangkarkan *(trikmerawat, n.d.)*

2.4. Kopi Luwak Campuran

Kopi Luwak campuran merupakan salah satu kejahatan dalam produk makanan (*food crime),* hal ini terjadi karena tingginya harga kopi Luwak, kondisi ini menggerakkan banyak oknum memalsukan kopi Luwak dengan banyak metode salah satunya dengan menggabungkan kopi Luwak ternak dengan liar. Banyaknya pemalsuan kopi Luwak ini membuat kopi Luwak sulit diketahui keasliannya dan juga menjadi tidak menarik lagi untuk dicari. Sedangkan kopi Luwak yang beredar di pasaran jauh dari cita rasa asli kopi Luwak Liar yang berarti bahwa sebagian besar kopi Luwak beredar merupakan kopi Luwak palsu (Muzaifa *et al*., 2019). Dengan adanya kasus pemalsuan kopi, penulis ingin mendiskriminasi salah satu bentuk kopi Luwak palsu yaitu kopi Luwak liar yang dicampurkan dengan kopi Luwak ternak.

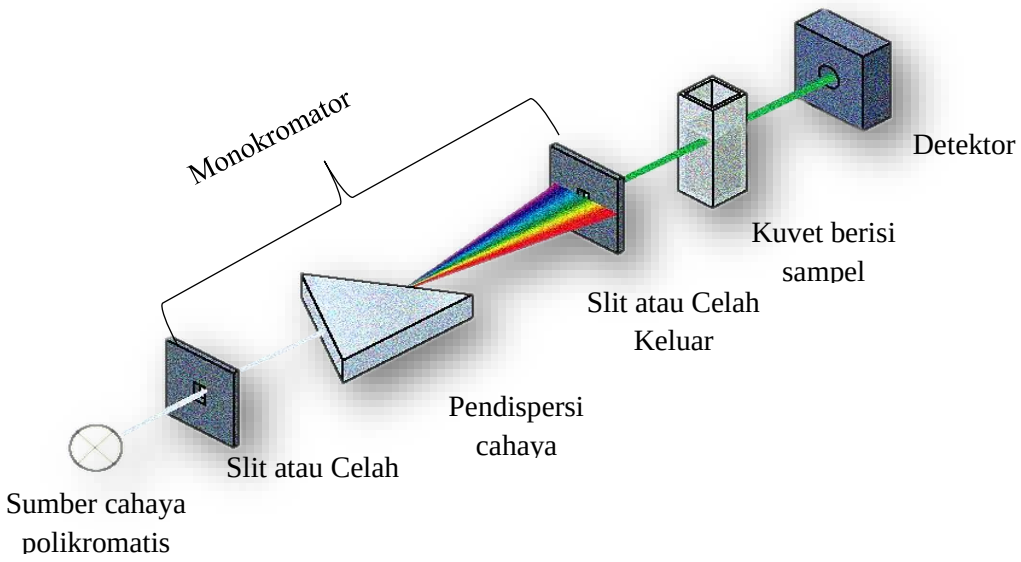
2.5. *UV-Visible Spectrometer*

Spektrofotometer merupakan alat yang digunakan untuk melakukan uji sampel dengan *UV-Visible Spectroscopy,* cara kerja alat ini yaitu dengan mengukur transmitan (T atau %T) atau absorban (A) sebagai fungsi dari panjang gelombang. *Spektrofotometer* memiliki 2 bagian utama yaitu *spektrometer* dan *fotometer*. *Spektrometer* merupakan penghasil cahaya dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan *fotometer* merupakan alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorbsi. *Spektrofotometer* memiliki fungsi untuk mengukur energi cahaya secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Cahaya *polikromatis* melewati *monokromator* menjadi cahaya *monokromatis* yang kemudian cahaya melewati sampel (dalam kuvet) pada panjang gelombang tertentu dimana cahaya akan diteruskan dan diserap detektor (Balai Teknologi Polimer, 2020).

Spektrofotometer UV-Visible adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran serapan cahaya di daerah panjang gelombang sinar *ultraviolet* (200 - 350 nm) dan panjang gelombang sinar *visible* (350 – 800 nm) terhadap sampel uji.

Serapan cahaya *ultraviolet* dan *visible* tampak mengakibatkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi. Detektor dapat mengukur intensitas cahaya yang dipancarkan secara tidak langsung cahaya yang diabsorbsi. Tiap sampel uji akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu tergantung pada senyawa atau warna yang terbentuk. Detektor merekam dalam bentuk spektrum yang dinyatakan sebagai panjang gelombang dan absorbansi, sesuai dengan jenis elektron yang terdapat dalam molekul yang dianalisis. Semakin mudah elektron bereksitasi makin besar panjang gelombang yang diabsorpsi, makin besar panjang gelombang terabsorpsi makin tinggi absorban (Balai Teknologi Polimer, 2020).

Spektrofotometer UV-Visible memiliki dua buah sumber cahaya yang berbeda, yaitu sumber cahaya *ultraviolet* menggunakan lampu *Deuterium* dan sumber cahaya *visible* menggunakan lampu *Wolfram*. Konsentrasi senyawa yang dianalisis akan sebanding dengan jumlah sinar yang diserap oleh zat-zat dalam sampel uji (Balai Teknologi Polimer, 2020). Dapat dilihat prinsip kerja dari *UV-Visible Spectroscopy* sebagai Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Prinsip kerja *UV-Visible Spectrometer* (Nugroho, 2019)

2.6. Ekstraksi

Ekstraksi adalah istilah yang digunakan untuk mengekstrak suatu senyawa tertentu dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Metode ekstraksi tergantung pada polaritas senyawa yang akan diekstraksi. Prinsipnya yaitu pelarut polar yang akan melarutkan senyawa polar dan melarutkan senyawa non polar. Senyawa pelarut bergantung pada kelarutan sampel uji (Khopkar, 1990). Air dapat melarutkan senyawa aktif biologis lebih banyak dari pada etanol, sehingga cocok digunakan sebagai pelarut dalam pembuatan ekstrak kopi (Handayani, 2016). Ekstraksi pada penelitian ini dilakukan terhadap kopi dengan menggunakan *aquades* pada proses pengenceran yang akan dijelaskan pada metode penelitian.

2.7. Metode Kemometrika

Kemometrika adalah ilmu yang menghubungkan hasil pengukuran dalam sistem kimia dengan data matematika dan statistik, dengan fokus pada ekstraksi informasi (Varmuza & Filzmoser, 2016). Teknik kemometrika yaitu analisis *multivariant* yang dapat digunakan untuk memperoleh informasi. Informasi tersebut dapat berupa identifikasi, otentifikasi, dan diskriminasi sampel yang mirip. Kemometrika banyak berhubungan dengan data *multivariat* yang dihasilkan dengan mengukur banyak variabel dalam sampel yang sama (Gholib & Rohman, 2007). Analisis *multivariant* merupakan metode untuk menyederhanakan data variabel yang begitu banyak dengan menjadikan variabel baru yang lebih ringkas namun memuat sebagian besar data penting dari variabel sebelumnya (Roggo *et al*., 2017). Pengujian statistik *multivariant* merupakan metode yang dapat digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh dari pengukuran kimia secara singkat kemudian dapat memudahkan membuat model, dengan terciptanya satuan model matematis sehingga nilai yang sulit diukur secara langsung menjadi dapat diprediksi (Varmuza & Filzmoser, 2016). Metode yang termasuk dalam golongan analisis kemometrika ini yaitu PCA dan SIMCA.

Spektra yang dihasilkan setelah melalui absorban dari alat *UV-Visible spektrometer* terlihat sangat kompleks, sehingga penafsiran data spektra menjadi

cukup sulit. Oleh karena itu diperlukan metode PCA dan SIMCA untuk mempermudah penafsiran data *multivariat*. Metode PCA dan SIMCA diolah menggunakan *software the Unscrambler*. Tujuan dari perangkat lunak ini untuk mempermudah analisis data *multivariant* dan membangun model eksperimen. *Software* ini mampu membuat klasifikasi sampel yang tidak diketahui ke dalam berbagai kategori. Kategori sampel baru yang sesuai dengan model yang telah ditetapkan, akan segera dikenali (Citrasari, 2015).

2.7.1 *Principal Component Analysis* (PCA)

Principal component analysis (PCA) adalah metode penyederhanaan data dengan cara melakukan *Pre-Treatment* linier untuk membentuk sistem koordinat baru dengan jumlah perubahan terbesar. PCA ini dapat digunakan untuk mengurangi ukuran data tanpa menghilangkan karakteristik data secara signifikan. Metode ini mengubah sebagian besar variabel asli kumpulan variabel yang lebih kecil (Ardiansyah, 2013). Plot umum yang digunakan ketika menggunakan PCA yaitu plot *score*, plot *loading* yang sesuai sebagai garis spektral, dan plot nilai eigen yang diurutkan.

2.7.2 Metode *Soft independent Modelling of Class Analogy* (SIMCA)

Dengan menggunakan metode SIMCA ini diharapkan dapat mengklasifikasi sampel yang diuji sebagaimana berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Suhandy *et al*., 2018) yang membahas tentang diskriminasi kopi lanang menggunakan *UV-Visible spectroscopy* dan metode SIMCA. Dalam jurnalnya beliau menggunakan metode *soft independent modelling of class analogy* (SIMCA) yang dalam penggunaannya membagi metode SIMCA menjadi dua kelompok. SIMCA menggunakan standar deviasi dari residual sebagai ukuran atau kriteria untuk klasifikasi sampel. Oleh karena itu, setiap kelas memiliki model SIMCA tertentu dengan batasan standar deviasi residual sebagai panduan untuk menilai apakah sampel yang dievaluasi termasuk kelas tertentu atau sebaliknya. Dari hasil penelitian beliau didapat hasil klasifikasi, performansi kedua model SIMCA kopi lanang dan kopi biasa sangat memuaskan dengan nilai

100% untuk parameter *accuracy, sensitivity* dan *specificity*. Berdasarkan dasar penelitian tersebut peneliti juga menggunakan metode yang sama agar mendapatkan hasil yang dapat mendiskriminasi kelas dari kopi Luwak ternak dan kopi Luwak liar.

SIMCA adalah metode analisis *multivariant* terawasi yang digunakan untuk menguji kekuatan diskriminasi dan klasifikasi sampel. SIMCA digunakan untuk menetapkan sampel pada setiap kelas yang sudah disediakan. Metode klasifikasi ini didasarkan pada pembuatan model PCA untuk setiap kelas dan mengklasifikasikan setiap sampel dari setiap model PCA. *Output* dari metode SIMCA berupa tabel klasifikasi yang menginformasikan sampel diklasifikasikan masuk kedalam kelas atau tanpa kelas. Dalam pembuatan model SIMCA diperlukan sampel dibagi menjadi tiga bagian yaitu untuk kalibrasi, validasi dan prediksi. Kalibrasi didapatkan dari sampel kopi yang akan digunakan untuk membuat model SIMCA, validasi merupakan sampel yang digunakan untuk mengecek kembali model yang digunakan, dan prediksi adalah sampel kopi yang akan digunakan untuk menguji model yang diperoleh dari sampel kalibrasi dan validasi (Lavine *et al*., 2009).

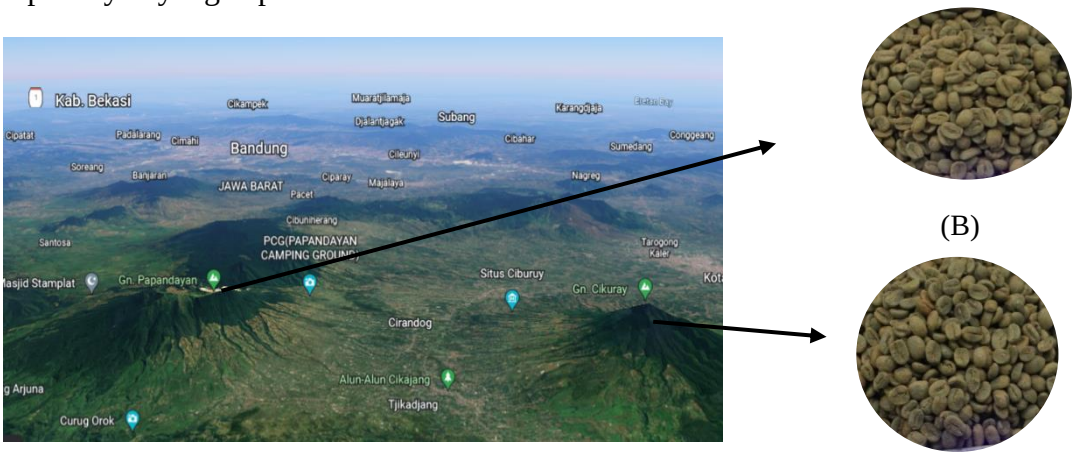
III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan bulan Mei 2022 di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca Panen, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain *adalah UV-Visible Spectrometer (Genesys 10s, Thermo Scientific, USA)*, *mesh* no.40, cuvet, *aluminium foil*, labu Erlenmeyer 50 ml, *water heater*, toples, termometer, timbangan digital, pipet ukur, gelas ukur, pengaduk, *magnetic stirrer ciblanc* , botol semprot, botol transparan, kertas saring, spatula, tisu dan corong plastik. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air distilasi, kopi Luwak liar yang berasal dari Gunung Cikuray, dan kopi Luwak ternak dari Gunung Papandayan yang dapat dilihat melalui Gambar 4 berikut ini.



(A)

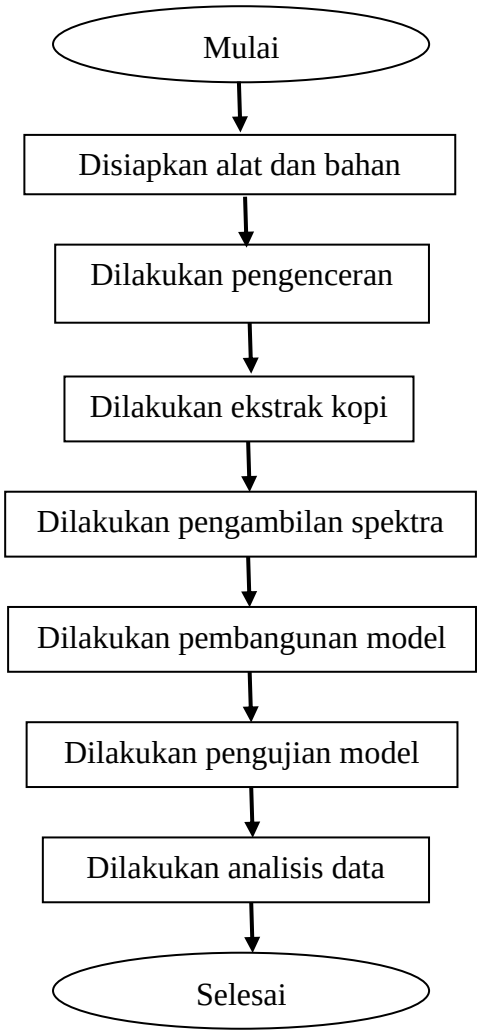
(B)

(C)

Gambar 4. Peta daerah sampel (A), Kopi Luwak liar (B), Kopi Luwak ternak (C)

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini memiliki tahapan yang panjang dimulai dengan persiapan alat dan bahan, ekstraksi kopi, pengenceran, pengumpulan spektra, membangun model, uji model dan analisis data. Berikut ini adalah diagram alir prosedur penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Diagram alir tahapan penelitian

3.3.1. Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan dalam penelitian harus diperiksa dengan cermat untuk memastikan bahwa alat tersebut dapat digunakan dengan kondisi yang baik dan juga optimal, apabila peralatan dalam penelitian dalam kondisi yang baik dan

optimal maka penelitian dapat berjalan lancar tanpa hambatan. Persiapan alat dan bahan dalam penelitian ini meliputi peralatan dalam proses penyangraian, penggilingan, pengayakan, penimbangan, pembuatan larutan, pengadukan, penyaringan, dan pengenceran.

1. Penyangraian

Penyangraian menggunakan suhu 200°C untuk sampel kopi membutuhkan waktu 20 menit baik kopi Luwak liar maupun ternak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 sebagai berikut.

Gambar 6. Proses penyangraian kopi Luwak liar Cikuray

2. Penggilingan Kopi Luwak

Penggilingan kopi digunakan untuk memperkecil ukuran agar pengambilan sampel dari proses ekstraksi kopi lebih mudah. Peralatan yang digunakan yaitu penggiling kopi Sayota dengan daya 180 watt, dalam prosesnya penggilingan berlangsung selama 5 menit sehingga sampel menjadi serbuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Gambar 7. Proses penggilingan kopi

3. Pengayakan

Pengayakan dilakukan untuk mendapatkan partikel kopi dengan ukuran yang sama. Kopi diayak menggunakan ayakan *Tyler Meinzer II* dengan alat *mesh* no.40 dengan ukuran mata jaring 0,419 mm (Sambudi, 2018). Seperti terlihat pada Gambar 8 di bawah ini, proses pengayakan dibantu dengan menggunakan kuas guna mempercepat bubuk kopi jatuh dari pengayakan.

Gambar 8. Proses pengayakan sampel kopi

4. Penimbangan

Penimbangan dilakukan sesuai dengan komposisi bahan yang dirancang untuk sampel kopi Luwak ternak, kopi Luwak liar, dan kopi Luwak campuran seperti pada Tabel 2 tentang penomoran sampel dan komposisi bahan yang ditunjukkan sebagai berikut

Tabel 2. Nomor sampel dan komposisi bahan

No Sampel	Jumlah Sampel	Komposisi Bahan
KLT 1-75	75	1 gram kopi Luwak ternak
KLL 1-75	75	1 gram kopi Luwak liar
KLC 1-10	10	0,9 gram kopi Luwak liar + 0,1 gram kopi Luwak ternak
KLC 11-20	10	0,8 gram kopi Luwak liar + 0,2 gram kopi Luwak ternak
KLC 21-30	10	0,7 gram kopi Luwak liar + 0,3 gram kopi Luwak ternak
KLC 31-40	10	0,6 gram kopi Luwak liar + 0,4 gram kopi Luwak ternak
KLC 41-50	10	0,5 gram kopi Luwak liar + 0,5 gram kopi Luwak ternak

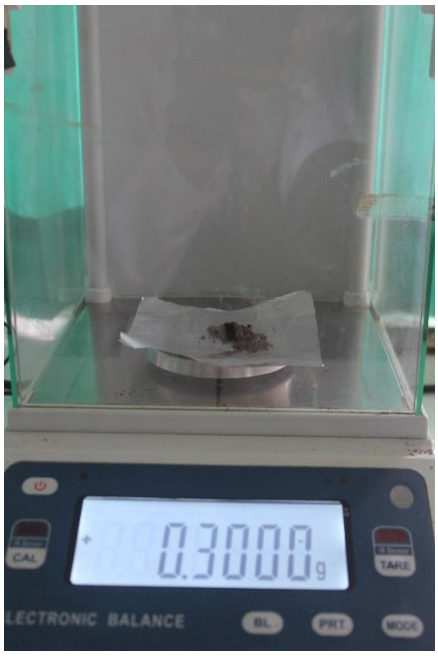
Keterangan:

KLT : Kopi Luwak ternak

KLL : Kopi Luwak liar

KLC : Kopi Luwak campuran

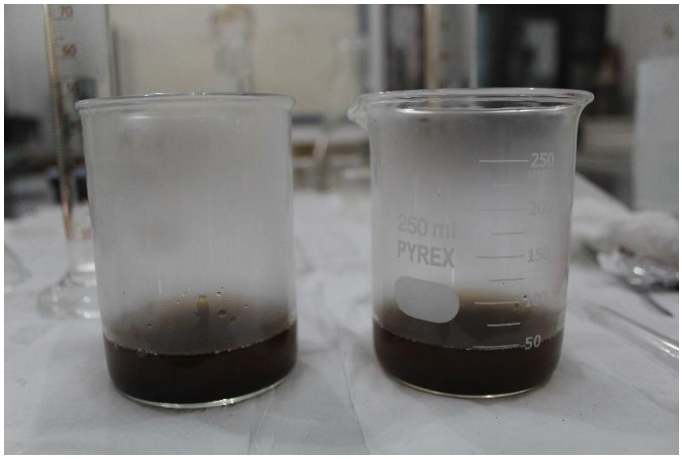
Proses penimbangan dilakukan dengan timbangan analitik yang memiliki keakuratan 4 angka di belakang koma yang ditunjukkan pada Gambar 9 sebagai berikut.



Gambar 9. Penimbangan sampel

5. Pembuatan Larutan

Saat menggunakan spektrometer untuk menguji, sampel bubuk harus dibuat menjadi larutan. Proses pembuatan larutan sampel dengan cara setelah dilakukan penimbangan masing-masing sampel, sampel ditempatkan dalam gelas ukur yang kemudian dilarutkan dengan 50 ml *aquades* pada suhu 90-98°C yang ditunjukkan pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Proses pembuatan larutan

6. Pengadukan

Proses pengadukan sampel menggunakan peralatan *magnetic stirrer ciblanc*, Sampel akan dihomogenkan selama 10 menit yang ditunjukkan pada Gambar 11 berikut.

Gambar 11. Proses pengadukan

7. Penyaringan

Proses penyaringan sampel dilakukan setelah sampel sudah homogen, larutan sampel kemudian disaring untuk memisahkan ampas kopi dari ekstrak kopi dengan menggunakan kertas saring yang ditempatkan dalam corong yang berada diatas gelas ukur seperti ditunjukkan pada Gambar 12 berikut.

Gambar 12. Proses penyaringan

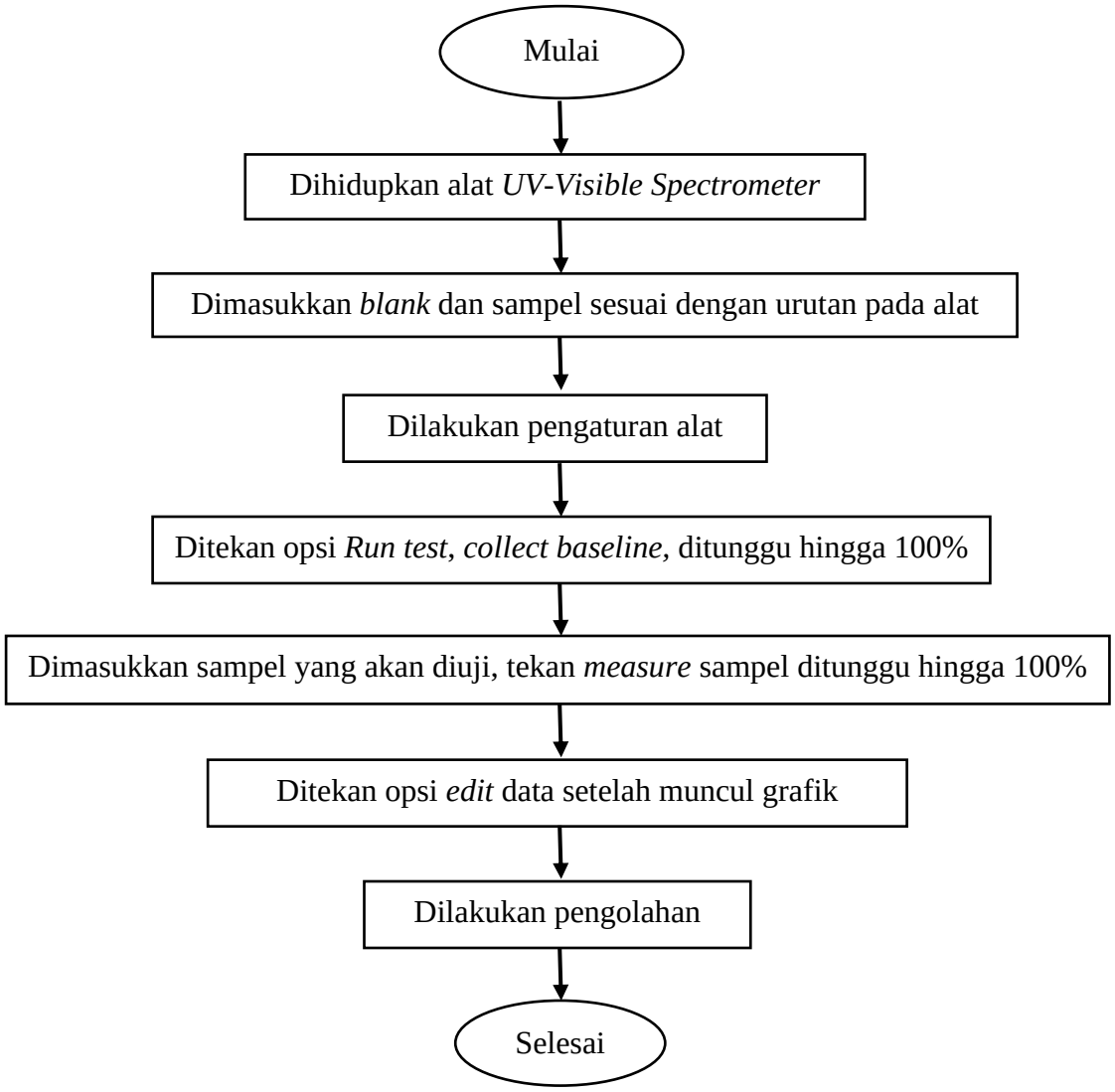
8. Pengenceran

Larutan sampel yang telah disaring disebut dengan ekstrak kopi selanjutnya diencerkan menggunakan *aquades* dengan perbandingan 1:50. Perbandingan ini digunakan karena pada perbandingan ini nilai absorban yang diperoleh terbaca dengan baik dan juga telah dilakukan pra-penelitian sebelumnya untuk menentukan perbandingan pengenceran. Proses pengenceran ditunjukkan pada Gambar 13 sebagai berikut.

Gambar 13. Proses pengenceran

3.3.2. Pengambilan Spektra Menggunakan Spektrometer

Pengambilan spektra dengan menggunakan *UV-Visible Spectrometer* ditunjukkan pada diagram alir Gambar 14 sebagai berikut.



Gambar 15. Diagram alir prosedur pengoperasian *UV-Visible Spectrometer* (Handayani, 2016).

3.3.3. Membangun dan Menguji Model

Aplikasi *The Unscrambler* versi 10.4 merupakan perangkat lunak yang peneliti gunakan untuk melakukan analisis data *multivariant* dengan menggunakan metode PCA dan SIMCA.

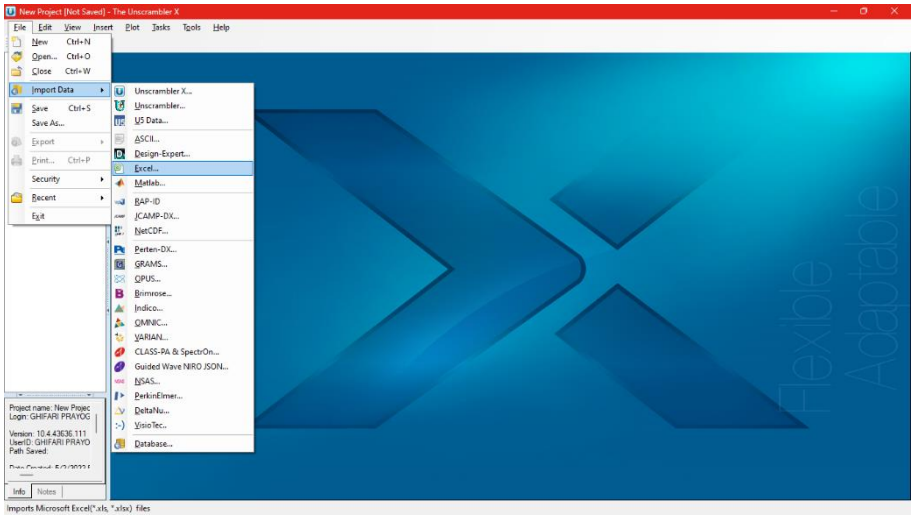
3.3.4. Analisis Data

Data yang diperoleh dari alat *UV-Visible Spectrometer* menampilkan data yang sangat banyak, yaitu terjadi spektrum tumpang tindih (Hendrati *et al*., 2017). Sehingga harus dilakukan pengolahan data secara analisis *multivariant* untuk mendapatkan prediksi konsentrasi dari masing-masing kopi Luwak.

Setelah semua data spektra terkumpul pada flashdisk, data harus diolah menggunakan *Microsoft. Excel*. Selanjutnya dilakukan pengecekan data dengan tujuan menghindari data tidak lengkap atau hilang. Proses ini penting dilakukan untuk mendapatkan data yang sebenarnya pada saat analisis data. Apabila terdapat data yang hilang, perlu dilakukan penggantian nilai yang hilang dengan rata-rata dari nilai *variable*. Data lengkap siap di input kemudian diolah dengan menggunakan program *The Unscrambler* versi 10.4 (Apratiwi, 2016). Setelah semua data siap untuk diolah, proses selanjutnya adalah PCA (*principal component analysis*).

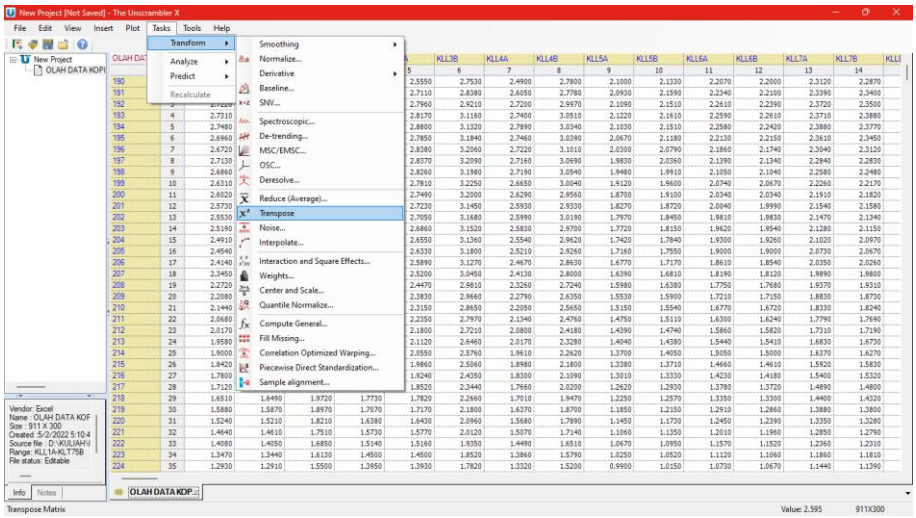
3.3.4.1. *Principal Component Analysis (PCA)*

Data nilai absorban yang diperoleh dari *UV-Visible Spektrometer* yaitu sampel kopi Luwak ternak dan kopi Luwak liar merupakan data *multivariant* yang rumit sehingga memerlukan analisis PCA melalui aplikasi *The Unscrambler* versi 10.4. Cara melakukan analisis menggunakan *The Unscrambler* versi 10.4 yaitu setelah aplikasi dibuka, klik file pilih *import* data lalu kemudian pilih format *excel* untuk memasukkan file yang akan dianalisis. Langkah dalam meng *import* data ke *The Unscrambler* versi 10.4 ditunjukkan pada Gambar 15 di bawah ini.



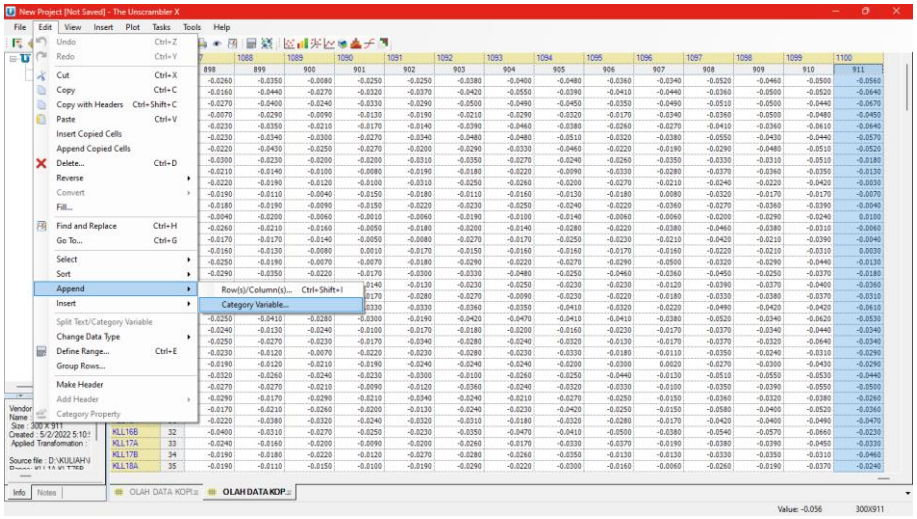
Gambar 16. Langkah mengimport data ke *The Unscrambler* versi 10.4.

Setelah data ditampilkan di jendela *The Unscrambler*, proses pertama yang diperlukan untuk data tersebut yaitu *transpose*. Perintah tersebut dimulai dari klik menu *task* kemudian pilih *transform* lalu pilih *transpose.* Langkah tersebut ditunjukkan pada Gambar 16 di bawah ini.



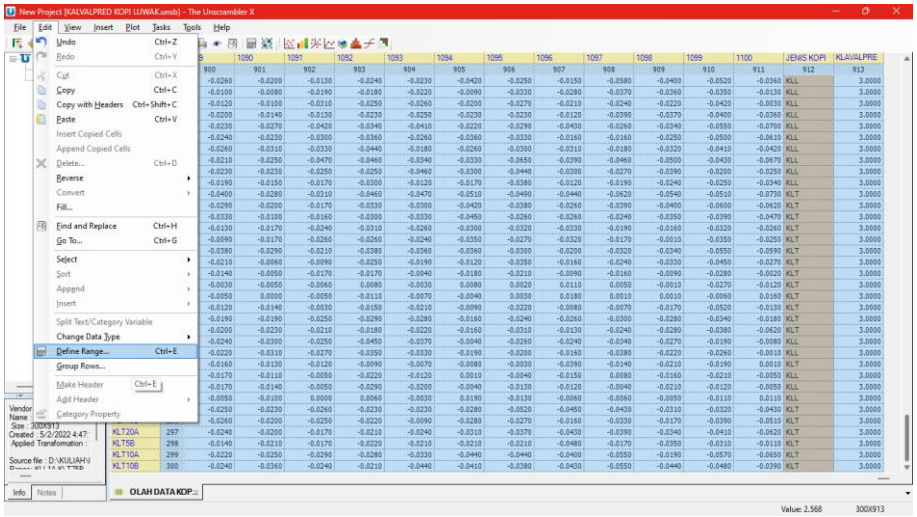
Gambar 17. Langkah transpose data ke *The Unscrambler* versi 10.4.

Sebelum mencari nilai PCA di program *The Unscrambler* diperlukan pembuatan nama kategori terlebih dahulu dengan tahapan yaitu klik menu *Edit* pilih *Append* pilih *Category Variable,* kemudian isi *Category Variable Name* dengan "JENIS KOPI" pilih *Nex*t dan isi *Level Name* dengan kopi Luwak ternak dan kopi Luwak liar. Prosedur tersebut ditunjukkan pada Gambar 17 di bawah ini.



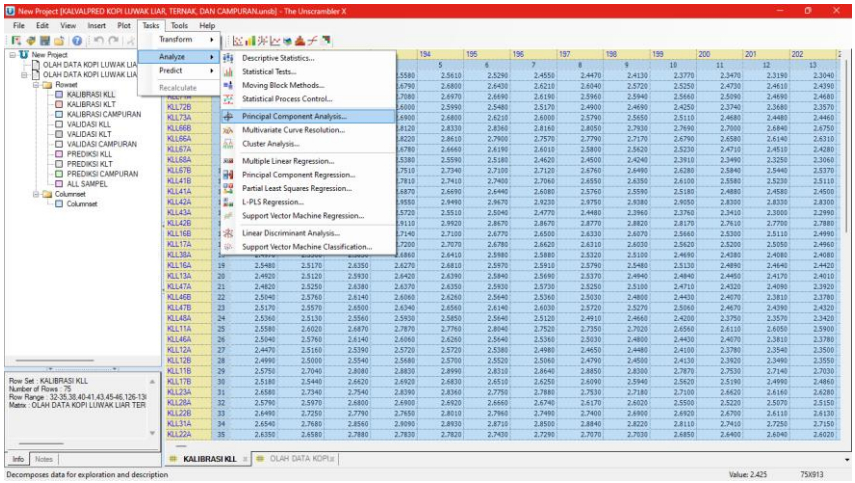
Gambar 18. Langkah membuat kolom *Category Variable*.

Kemudian tahap selanjutnya yaitu memasukkan semua sampel kedalam kategori yang telah dibuat dengan tahapan klik pada kolom “JENIS KOPI” dan diisi masing - masing baris sesuai jenis kopi. Sebelum data dianalisis dengan PCA, data dikelompokkan berdasarkan kategori sampel dan variabel. Pengelompokkan dilakukan dengan klik menu edit kemudian klik *define ranges* kemudian isi *rowset* dengan nama kalibrasi, validasi, dan prediksi dari jenis kopi dan *column set* dengan jumlah *wavelength*. Prosedur tersebut ditunjukkan pada Gambar 18 di bawah ini.



Gambar 19. Tampilan menu *Define Ranges*.

Kemudian proses selanjutnya memasuki analisis menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) tahapannya dimulai dari pilih menu *task*, kemudian pilih *Principal Component Analysis* (PCA), klik menu *Task* pilih PCA lalu pilih validasi *test set*, pilih *Set up* dan diisi dengan jumlah data validasi pada sampel. Langkah dalam menganalisis PCA ditunjukkan pada Gambar 19 di bawah ini.



Gambar 20. Langkah PCA pada *The Unscrambler* 10.4.

3.3.4.2. *Pre-Treatment*

Pre-Treatment digunakan untuk meminimalisir efek *noise* dan interferensi gelombang pada data spektra yang diperoleh sehingga model yang dibangun lebih stabil dan akurat. Sebelum dilakukan pengembangan model analisis, data spektra *original* akan dilakukan *Pre-Treatment* baik data kalibrasi dan prediksi (Sukarye, 2018). Dibawah ini merupakan beberapa *Pre-Treatment* yang bisa digunakan agar spektra yang diperoleh menjadi lebih baik (Prieto, 2017).

a. *Smoothing Moving Average (SMV)*

Smoothing Moving Average merupapan salah satu *Pre-Treatment* yang memiliki cara kerja mengeliminasi *noise*. Secara umum *smoothing* dikombinasikan menggunakan metode pengolahan data awal agar menghilangkan *noise*.

Berikut merupakan rumus perhitungan *Smoothing Moving Average* untuk jumlah segmen sebesar 3.

$$S_j = \frac{Y_{j-1}+Y_j+Y_{j+1}}{3} \quad \text{..... (1)}$$

Rumus di atas digunakan untuk segmen sebesar 3, jumlah pembagi dan penyebut disesuaikan dengan jumlah segmen yang dibuat. Hasil *smoothing Moving Average* akan terpusat di tengah karena hal tersebut jumlah segmen yang digunakan berupa bilangan ganjil.

b. *Mean Normalization* (MN)

Pre-Tretment ini dapat menskala sampel agar memperoleh seluruh data pada sekitar skala yang kurang lebih mirip berdasarkan.daerah, maksimum, *mean*, vektor satuan dan puncak. Seluruh data spektra juga dinormalisasi sebagai *mean normalization*.

Dibawah ini adalah rumus perhitungan *mean normalize*.

$$X_{mean(i,k)} = \frac{X_{raw}}{X_{mean}}, \quad \text{..... (2)}$$

c. *Multiplicative Scatter Correction* (MSC)

Multiplicative Scatter Correction merupakan *Pre-Treatment* yang dapat melakukan pendekatan agar meminimalisir *amplification* (*multiplicative, scattering*) dan *offset* (*additive, chemical*) efek dari spektra. MSC berfungsi dapat mengkompensasi hamburan cahaya yang menyebar dalam data spektroskopi. *Pre-Tretment* ini bertujuan untuk meningkatkan semua pola untuk mencapai persebaran cahaya yang sama.

Dibawah ini merupakan rumus perhitungan yang dipakai pada metode MSC.

$$X_{org} = a_i + b_i\bar{x}_j + e_i \quad \text{..... (3)}$$

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

d. *Standard Normal Variate* (SNV)

Metode ini merupakan *Pre-Treatment* yang dapat menghilangkan efek hamburan dari spektra dengan memfokuskan dan menskalakan spektrum secara individual. Mirip MSC, hasil dari SNV agar menghilangkan *g* dari efek hamburan pada data spektra. SNV bertujuan untuk menghilangkan
gangguan multiplikasi mengalihkan persebaran dan ukuran partikel.

Di bawah ini merupakan persamaan yang digunakan dalam metode SNV.

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

$$\tilde{x}_{ik} = \frac{x_{ik}-\bar{x}_i}{s_i} \quad \text{..... (6)}$$

Keterangan :

s_i : Standar deviasi

K : Jumlah data pada sampel i

i : Indeks sampel

k : Indeks panjang gelombang

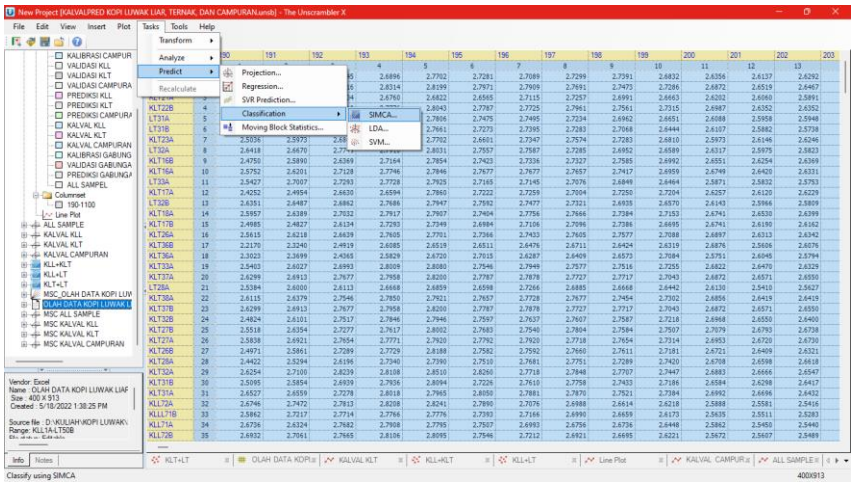
$\tilde{x}_{ik}$: Nilai SNV dari sampel i pada panjang gelombang k

x_{ik} : Nilai spektra *original* pada sampel i pada panjang gelombang k

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

3.3.4.3. *Membuat Model Menggunakan Analysis Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)*

Setelah didapatkan *Pre-Treatment* PCA terbaik, maka tahap selanjutnya adalah membangun model *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA). Langkah selanjutnya untuk membuka menu SIMCA data ditunjukkan pada Gambar 20 berikut, Setelah PCA kopi Luwak liar, ternak dan campuran telah dibuat kemudian pilih menu *Task* pilih perintah *predict* lalu pilih *classification* selanjutnya pilih SIMCA seperti pada Gambar 20, setelah muncul menu baru yang ada pada kolom *rows* diisi dengan prediksi gabungan, pada kolom *cols* diisi dengan panjang gelombang *UV-Visible*, lalu pada kolom *class model* diisi dengan sampel kalibrasi dan validasi kopi Luwak asli dan kopi Luwak campuran dengan klik *add* kemudian klik ok.



Gambar 21. Menu SIMCA

3.3.4.4. *Matriks Konfusi (Confusion Matrix)*

C*onfusion matrix* adalah daftar yang mencatat hasil pengklasifikasian dari pengolahan suatu data dengan SIMCA berupa tabel. *Confusion matrix* berfungsi untuk menguji dan memprediksi objek yang tepat atau tidak. Matriks konfusi mempunyai sejumlah rumus keluaran yaitu akurasi, sensitivitas, spesifisitas dan eror (Lavine *et al*., 2009). Matrix konfusi yang digunakan pada tahap penelitin ini memiliki peranan untuk menguji model dengan menghitung

nilai keluaran matrix konfusi. Matriks Konfusi ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Matriks Konfusi

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

Perhitungan:

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

Keterangan :

a : Sampel kelas A yang sudah sesuai kelasnya (*True Positive*)
b : Sampel kelas B yang tidak sesuai kelasnya (*false Positive*)
c : Sampel kelas A yang tidak sesuai kelasnya (*False Negative*)
d : Sampel kelas B yang sudah sesuai kelasnya (*True Negative*)
Kelas A : Kelas sampel kopi Luwak liar
Kelas B : Kelas sampel kopi Luwak ternak

3.3.4.5. *Kurva Receiver Operating Characteristic (ROC)*

Kurva ROC menunjukkan visualisasi dari akurasi model dan membandingkan perbedaan antara model klasifikasi. *Receiver Operating Characteristic* (ROC) mengekspresikan matriks konfusi (Vercellis, 2009). Kurva ROC merupakan grafik dua dimensi dimana *false positives* atau FP sebagai garis horizontal sedangkan *true positives* atau TP sebagai garis vertikal untuk mengukur perbedaan performansi metode yang digunakan. Kurva ROC merupakan teknik untuk memvisualisasi dan menguji kinerja pengklasifikasian berdasarkan

performanya (Gorunescu, 2011). Model klasifikasi yang lebih baik adalah yang mempunyai kurva ROC lebih besar (Vercellis, 2009).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Model SIMCA yang dibangun dapat mendiskriminasikan kelas sampel KLL, KLT, dan KLC berdasarkan daya serap cahaya masing-masing sampel.
2. Berdasarkan data yang didapat dari alat *UV-Visible Spectrometer* persentase PCA kumulatif yang diperoleh dari data *original* sampel KLL, KLT, KLC, yaitu sebesar 93%. Hasil analisis *Pre-Treatment* terbaik didapatkan pada *Pre-Treatment* data menggunakan perbaikan MSC yang dikombinasikan dengan *Smoothing Moving Average 9 Segment*, yaitu dengan persentase kumulatif sebesar 85%.
3. Hasil evaluasi model diskriminasi KLL+ KLT dan KLT + KLC pada data *Pre-Treatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* dikategorikan lebih baik dari klasifikasi menggunakan data *original* dengan kategori *excellent classification.*

5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan melakukan pengujian terhadap produk kopi lain yang sering terjadi *mislabelling* dan kemudian diuji juga diskriminasi untuk pencampuran kedua kopi tersebut dengan metode diskriminasi lainnya seperti LDA dan PLS-DA.

DAFTAR PUSTAKA

Apratiwi, N. (2016). Studi Penggunaan UV-Vis Spectroscopy Untuk Identifikas Campuran Kopi Luwak dengan Kopi Arabika. [Skripsi]. Universitas Lampung.

Ardiansyah, R. F. (2013). Pengenalan Pola Tanda Tangan dengan Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA) [Skripsi]. Universitas Dian Nuswantoro.

Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia. (2014). Statistik Kopi Asosiasi Eksportir dan Industri Kopi Indonesia 2007-2013. Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia.

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

Bank Indonesia. (2011). Pola Pembiayaan UMKM Usaha Perkebunan Kopi Robusta dan Industri Pengolahan Kopi Luwak. Bank Indonesia.

Citrasari, D. (2015). Penentuan Adulterasi Daging Babi pada Nugget Ayam Menggunakan NIR dan Kemometrik [Skripsi]. Universitas Jember.

Dankowska, A., Domagala, A., & Kowalewski, W. (2017). Quantification of coffea arabica and coffea canephora var. Robusta concentration in blends by means of synchronous fluorescence and UV-vis spectroscopies. *Talanta*, *172*, 215–220.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). Pedoman Teknis Pemberdayaan Perkebunan Tanaman Rempah dan Penyegar Tahun 2013. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Ekspor, W. (2013). Pesona Kopi Luwak. Kementrian Perdagangan Republik Indonesia.

Fauzi, M., Choiron, M., & Puji Astutik, Y. D. (2018). Karakteristik Kimia Kopi Luwak Robusta Artifisial Terfermentasi Oleh Ragi Luwak Dan A-Amilase. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, *14*(3), 144. https://doi.org/10.21082/jpasca.v14n3.2017.144-153

Fuferti, M., Syakbaniah, & Ratnawulan. (2013). Perbandingan karakteristik fisis kopi luwak (civet coffee) dan kopi biasa jenis arabika. *Pillar of Physics, Vol 2 (2)*, 68-75.

Gholib, I., & Rohman, A. (2007). Spektroskopi Molekuler Untuk Analisis Farmasi. Gadjah Mada University Press.

Gorunescu, F. (2011). Data Mining Concepts, *Models and Tehniques: Vol. Volume 12*. Intelligent Systems Reference Library,.

Hadipernata, M., & Sigit, N. (2012). Identifikasi Fisik, Kimia Dan Mikrobiologi Biji Kopi Luwak Sebagai Dasar Acuan Teknologi Proses Kopi Luwak Artificial. *Prosiding Insinas*, 117–121.

Handayani, F. N. (2016). Studi Penggunaan Metode Analisis Berbasis UV-Vis Spectroscopy Untuk Membedakan Kopi Luwak Asli Dan Kopi Campuran LuwakRobusta Secara Cepat. Universitas Lampung.

Hendrati, D., Mutalib, A., Pratiwi, M., & Fauzia, R. P. (2017). Penggunaan Kombinasi Metode Spektrofotometri Ultraviolet-Visible Dan Analisis Multivariat Untuk Analisis Kandungan Unsur Tanah Jarang Kelompok Sedang. *Chimica et Natura Acta*, *5*(1), 43. https://doi.org/10.24198/cna.v5.n1.12821

Khopkar, S. (1990). Konsep Dasar Kimia Analitik(Terjemahan*)*. Universitas Indonesian Press.

Lavine, B. K., Walczak, B., Tauler, R., & Brown, S. (2009). Comprehensive Chemometric: Chemical and Biochemical Data Aarlysis. *Validation of Classifiers*, 587–599.

Lovela, A. R. (2021, Desember). Perhatikan Pemicu Stress pada Musang Luwak. *UNAIR NEWS*. http://news.unair.ac.id/2021/12/28/perhatikan-pemicu-stress-pada-musang-luwak/

Muzaifa, M., Hasni, D., Rahmi, F., & Syarifudin. (2019). What is kopi luwak? A literature review on production, quality and problems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *365*(1), 012041. https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012041

Nugroho, G. E. (2019). Studi Penggunaan UV-Vis spektroskopi dan Metode Simca Untuk Membedakan Kopi Codot dan Kopi Biasa [Skripsi]. Universitas Lampung.

Nurcahyo, B. (2015). Identifikasi dan Autentikasi Meniran (Phyllanthus Niruri) Menggunakan Spektrum Ultraviolet Tampak dan Kemometrika [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.

Prieto, B. G. (2017). Novel Variable Influence on Projection (VIP) Methods in OPLS, O2PLS, and OnPLS Models for Single- and Multiblock Variable Selection. Department of Chemistry Industrial Doctoral School, Umea University.

Rahardjo, P. (2012). Kopi. Penebar Swadaya.

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

Ridwansyah. (2003). Pengolahan Kopi. USU Digital Library.

Roggo, Y., Chalus, P., Maurer, L., Lema-Martinez, C., Edmond, A., & jent, N. (2017). A review of Near Infrared Spectroscopy and Chemometrics in Pharmaceutical Technologies. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *44(3)*, 683–700.

Sambudi, S. (2018). Identifikasi Keaslian Kopi Robusta Dekafenisasi Menggunakan Teknologi UV-VIS Spectroscopy dan Kemometrika. Universitas Lampung.

Suhandy, D., & Yulia, M. (2019). Tutorial Analisis Data Spektra Menggunakan The Unscrambler. Graha Ilmu.

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

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

Sukarye, K. (2018). Studi Penggunaan Uv- Vis Spectroscopy dan Metode SIMCA untuk Membedakan Kopi Bubuk Berdasarkan Umur Simpan [Skripsi]. Universitas Lampung.

Syamsulbahri. (1985). Bercocok Tanam Tanaman Perkebunan Tahunan. Gadjah Mada Press.

trikmerawat. (n.d.). Cara Mudah Budidaya Luwak Menyerupai Habitat Aslinya. Retrieved April 3, 2022, from https://trikmerawat.com/cara-mudah-budidaya-luwak/

Varmuza, K., & Filzmoser, P. (2016). Introduction to multivariate statistical analysis in chemometrics. CRC press.

Varnam, H. A., & Sutherland, J. (1994). Beverages (Technology, Chemestry and Microbiology). Chapman and Hall.

Vercellis, C. (2009). Business Intelligence Data Mining and Optimization for Decision Making. A Jhon Wiley and Sons, Ltd Publication.

Waluyo, S., Handayani, N. F., Suhandy, D., Rahmawati, W., Sugianti, C., & Yulia, M. (2017). Analisi Spektrum Uv-Vis Untuk Menguji Kemurnian Kopi Luwak. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, *6(2)*, 73-80.

Wilujeng, A., & PR, W. (2013). Pengaruh lama fermentasi kopi arabika (Coffea arabica) dengan bakteri asam laktat Lactobacillus plantarum B1765 terhadap mutu produk. *Unesa Journal of Chemistry*, *2*.

Yulia, M., Ningtyas, K. R., & Suhandy, D. (2021). Penggunaan UV-Vis Spektroskopi 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

Yulia, R., Adnan, A. Z., & Putra, D. P. (2016). Analisis Kadar Kofein Kopi Luwak Dengan Variasi Jenis Kopi, Spesies Luwak Dan Cara Pengolahan Dengan Metoda TlC Scanner. *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, *2*(2), 171. https://doi.org/10.29208/jsfk.2016.2.2.66