

DISKRIMINASI KOPI *FINE ROBUSTA* MENGGUNAKAN *UV-VISIBLE SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA

(Tesis)

Oleh

Annisa Mufida



**MAGISTER TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

DISKRIMINASI KOPI *FINE ROBUSTA* MENGGUNAKAN *UV-VISIBLE SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA

Oleh

Annisa Mufida

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**MAGISTER TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

DISKRIMINASI KOPI *FINE* ROBUSTA MENGGUNAKAN *UV-VISIBLE SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA

Oleh

ANNISA MUFIDA

Kopi *fine* robusta masuk ke dalam jenis kopi robusta. Istilah "*fine*" menandakan kualitas citarasa unggulan/premium pada kopi robusta, seperti halnya *specialty* sebagai penanda kualitas unggulan pada kopi arabika. Kopi *fine* robusta menjadi sasaran pemalsuan karena harganya tinggi, kualitas baik, dan produksi yang masih sedikit. Pemalsuan kopi dilakukan dengan mencampur kopi asli dengan bahan campuran lainnya, seperti beras dan jagung. Pemalsuan kopi sulit untuk diidentifikasi jika menggunakan metode *human sensory*. Oleh sebab itu digunakan teknologi *UV-Vis spectroscopy* untuk membedakan kopi *fine* robusta asli dan kopi *fine* robusta campuran. Variasi campuran kopi yang digunakan adalah 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Sampel yang digunakan sebanyak 1 g untuk masing-masing jenis kopi dengan jumlah tiap sampel kopi sebanyak 10 sampel uji. Pengukuran spektra dilakukan pada panjang gelombang 240-400 nm, kemudian dianalisis menggunakan aplikasi *The Unscrambler* versi 10.4 dengan metode SIMCA. Hasil penelitian yang diperoleh untuk sampel uji kopi asli dan campuran sangat baik dengan nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas sebesar 100% dan nilai *error* sebesar 0%. Dan berdasarkan kurva ROC menunjukkan bahwa klasifikasi pada semua model tergolong sangat baik.

Kata kunci: kopi *fine* robusta, *UV-Vis spectroscopy*, *the unscrambler*, SIMCA

ABSTRACT

DISCRIMINATION OF FINE ROBUSTA COFFEE USING UV-VISIBLE SPECTROSCOPY AND SIMCA METHODS

By

ANNISA MUFIDA

Fine Robusta coffee is included in the Robusta coffee type. The word "fine" signifies superior/premium taste quality in Robusta coffee, just as specialty is a marker of superior quality in Arabica coffee. Fine Robusta coffee is a target for counterfeiting because of its high price, good quality and limited production. Coffee counterfeiting is done by mixing real coffee with other mixed ingredients, such as rice and corn. Coffee adulteration is difficult to identify using human sensory methods. Therefore it uses UV-Vis spectroscopy technology to distinguish between original fine robusta coffee and their adulterated use. Variations of the coffee mix use 10%, 20%, 30%, 40%, and 50%. The sample was 1 g for each type of coffee with 10 samples for each coffee sample. Spectral measurements were carried out at a wavelength of 240-400 nm, then analyzed using The Unscrambler application version 10.4 with the SIMCA method. The research results obtained for the original and adulterated samples test were very good with an accuracy, sensitivity, specification value of 100% and an error value of 0%. And based on the ROC curve, it shows that the classification of all models is very good.

Keywords: fine robusta coffee, UV-Vis spectroscopy, the unscrambler, SIMCA

Judul Tesis : **DISKRIMINASI KOPI FINE ROBUSTA
MENGUNAKAN UV-VISIBLE
SPECTROSCOPY DAN METODE SIMCA**

Nama Mahasiswa : **Annisa Mufida**

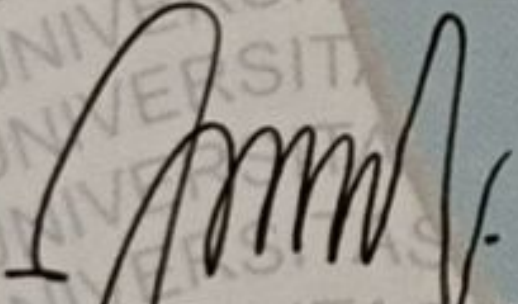
Nomor Pokok Mahasiswa : **1924051015**

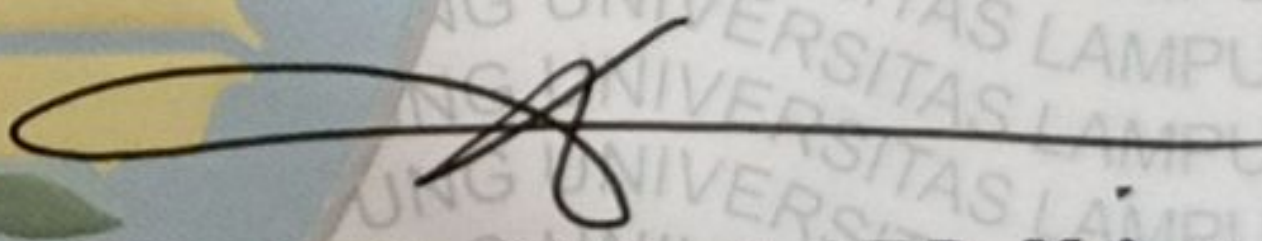
Program Studi : **Magister Teknologi Industri Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**

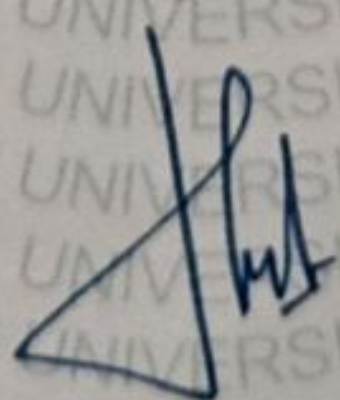


1. Komisi Pembimbing


Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP 19721006 199803 1 005


Prof. Dr. Agr.Sc. Diding S. S.T.P., M.Agr.
NIP 19780303 200112 1 001

2. Ketua Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian

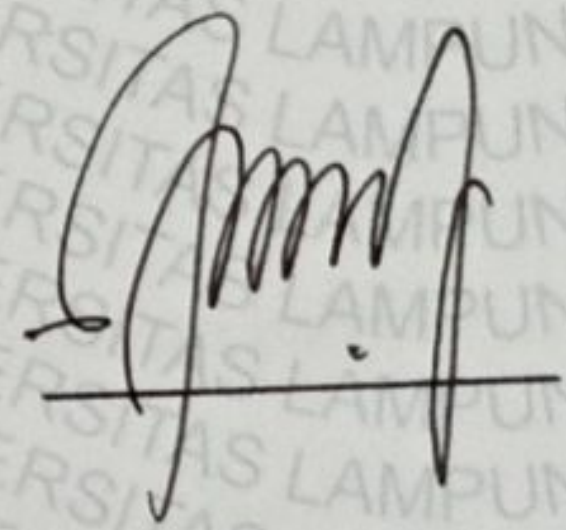

Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.
NIP 19710930 199512 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

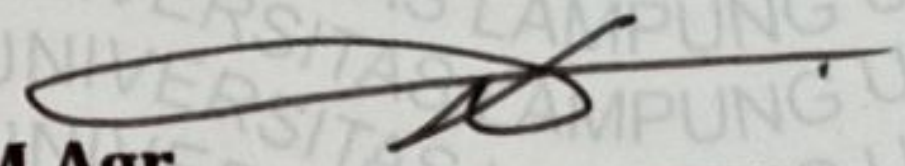
Ketua

: Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.



Sekretaris

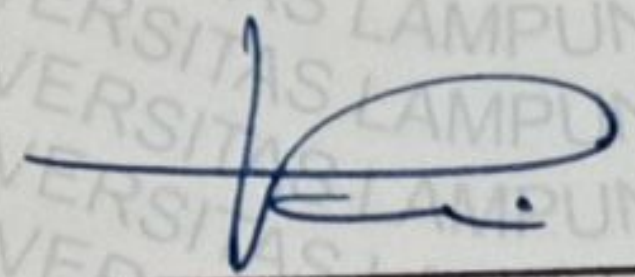
: Prof. Dr. Agr.Sc. Diding S, S.T.P., M.Agr.



Penguji I

Bukan Pembimbing

: Dr. Ir. Samsu U. Nurdin, M.Si.



: Dr. Ir. Susi Astuti, M.Si.

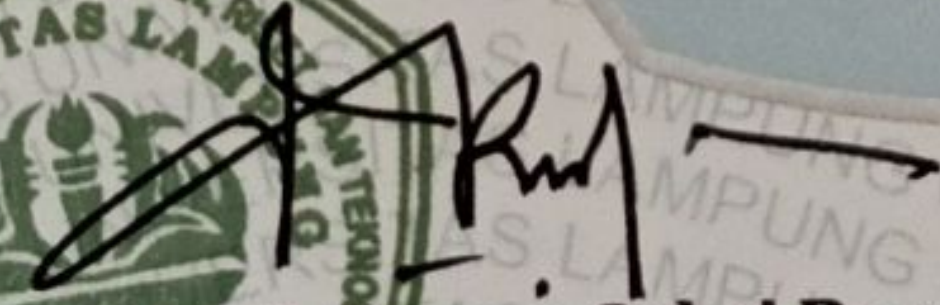


2. Dekan Fakultas Pertanian

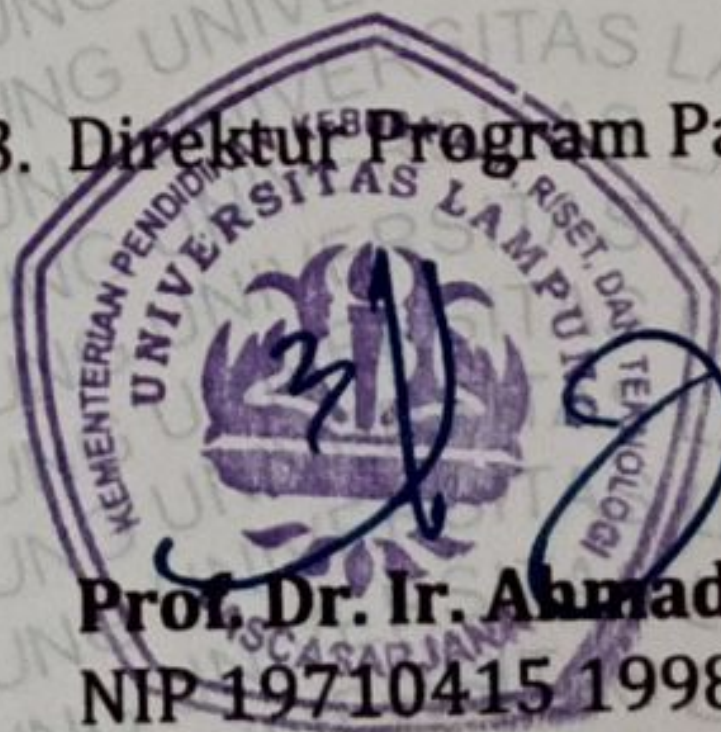


Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 19611020 198603 1 002



3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.

NIP 19710415 199803 1 005



4. Tanggal Lulus Ujian Tesis : 17 November 2022

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **ANNISA MUFIDA NPM 1924051015** dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.** dan 2) **Prof. Dr. Agr.Sc. Diding S, S.T.P., M.Agr** 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 dari plagiat karya orang lain.

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

Bandar Lampung, 25 Januari 2023
Yang membuat pernyataan



Annisa Mufida
NPM 1924051015

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bandar Lampung 29 Oktober 1994 sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Wilson Amri dan Ibu Meilina. Penulis telah menempuh pendidikan formal dimulai pada Tahun 2000 di TK IT Fitrah Insani Bandar Lampung, Tahun 2001-2007 di Sekolah Dasar Negeri 1 Langkapura Bandar Lampung. Tahun 2007-2010 melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 14 Bandar Lampung, kemudian Tahun 2010-2013 penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 9 Bandar Lampung. Tahun 2013 penulis diterima diperguruan tinggi sebagai mahasiswa jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Program Strata Satu (S1). Penulis menyelesaikan studinya pada bulan Oktober 2019. Penulis memutuskan untuk mengambil program Pascasarjana (S2) dengan jurusan Magister Teknologi Industri Pertanian di Universitas Lampung pada tahun 2019.

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir perkuliahan dalam penyusunan tesis ini.

Tesis yang berjudul **“Diskriminasi Kopi *Fine Robusta* Menggunakan *UV-Visible Spectroscopy* dan Metode SIMCA”** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknologi Pertanian (M.T.P) di Universitas Lampung.

Penulis memahami dalam penyusunan tesis ini begitu banyak cobaan, duka dan suka yang dihadapi, namun berkat ketulusan doa, semangat, bimbingan, motivasi, dan dukungan orang tua serta berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan fakultas pertanian Universitas Lampung
2. Prof. Dr. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur program Pasca Sarjana Universitas Lampung
3. Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P. selaku Ketua Jurusan program studi Magister Teknologi Industri Universitas Lampung
4. Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A. pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan dan saran sehingga terselesaikannya tesis ini.
5. Prof. Dr. Agr.Sc. Diding Suhandy, S.T.P., M.Agr. pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan dan saran sehingga terselesaikannya tesis ini.
6. Dr. Ir. Samsu U. Nurdin, M.Si. selaku pembahas yang telah memberikan saran, masukan, dan membantu untuk melihat dari sudut pandang yang berbeda.
7. Dr. Ir. Susi Astuti, M.Si. selaku pembahas telah memberikan saran, masukan, dan membantu untuk melihat dari sudut pandang yang berbeda.

8. Keluarga tercinta serta orang-orang terdekat yang telah memberikan dukungan hingga terselesaikannya tesis ini.
9. Teman-teman angkatan mahasiswa Magister Teknologi Industri 2019 yang telah memberikan doa serta semangat dalam menyelesaikan tesis ini.

Bandar Lampung, 25 januari 2023

Penulis,

ANNISA MUFIDA, S.T.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Kerangka Pemikiran	3
1.4. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Produksi Kopi di Indonesia	6
2.2. Kopi Fine Robusta	7
2.3. Spektrofotometer UV-Vis.....	12
2.4. Metode Klasifikasi Data Multivariat	19
III. METODE	25
3.1. Tempat dan Waktu.....	25
3.2. Alat dan Bahan	25
3.3. Prosedur Penelitian	25
3.4. Analisis Data.....	36
3.5. PCA	36
3.6. Membuat Model Menggunakan Analisis SIMCA.....	42
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1. Analisis Spektra Kopi <i>Fine</i> Robusta Asli dan Kopi <i>Fine</i> Robusta Campuran pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	44
4.2. Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) Spektra Original pada Panjang Gelombang 240-400 nm	48
4.3. Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA) pada Panjang Gelombang 240-400 nm	52
4.4. Klasifikasi Model SIMCA pada Panjang Gelombang 240-400 nm.....	55
V. KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Produksi kopi di Indonesia.....	6
2. Kandungan kimia kopi robusta	10
3. Contoh matriks konfusi.....	21
4. Komposisi kopi <i>fine</i> robusta asli dan campuran.....	26
5. SIMCA <i>classification</i> kopi <i>fine</i> robusta asli dan campuran jagung	56
6. <i>Confusion matrix</i> model SIMCA kopi <i>fine</i> robusta asli dengan model SIMCA kopi <i>fine</i> robusta campuran jagung menggunakan spektra original pada panjang gelombang 240-400 nm.....	57
7. Hasil tingkat spesifitas dan sensitivitas pada hasil klasifikasi FRA dan FRJ pada data spektra original.....	58
8. SIMCA <i>classification</i> kopi <i>fine</i> robusta asli dan campuran beras.....	60
9. <i>Confusion matrix</i> model SIMCA kopi <i>fine</i> robusta asli dengan model SIMCA kopi <i>fine</i> robusta campuran beras menggunakan spektra original pada panjang gelombang 240-400 nm.....	60
10. Hasil tingkat spesifitas dan sensitivitas pada hasil klasifikasi FRA dan FRB pada data spektra original.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran.....	5
2. Perbedaan kopi bubuk asli dan campuran.....	7
3. Alat spektrofotometer Uv-vis.....	13
4. Region panjang gelombang spektrum elektromagnetik.....	13
5. Macam-macam kuvet.....	15
6. Diagram spektrofotometer UV-Vis <i>single-beam</i>	16
7. Diagram spektrofotometer UV-Vis <i>double-beam</i>	16
8. Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis.....	17
9. Contoh kurva ROC.....	22
10. Kurva ROC dengan AUC.....	23
11. <i>Plot commans</i> dengan empat kuadran.....	24
12. Diagram alir penelitian.....	27
13. Proses penyangraian.....	28
14. Proses penggilingan.....	29
15. Proses pengayakan.....	29
16. Proses penimbangan.....	30
17. Proses pembuatan larutan.....	31
18. Proses penyaringan.....	31
19. (a) Proses pengadukan ekstrak kopi, (b) pengenceran ekstrak kopi dengan aquades.....	32
20. Prosedur ekstraksi kopi.....	33
21. Proses pengambilan spektra menggunakan UV-vis spektroskopi.....	34

22. Prosedur penggunaan UV-vis spektroskopi	35
23. Cara mengimport data dari <i>microsoft excel</i> ke <i>the unscrambler</i>	36
24. Memilih file excel yang akan diimport	37
25. Cara mentranspose data pada <i>the unscrambler</i> versi 10.4	37
26. Cara membuat kolom <i>category variable</i>	38
27. Cara mengisikan <i>category variable name</i> dan <i>category name</i>	38
28. Cara mengisikan jenis-jenis kopi	39
29. Cara membuat kolom KALVALPRED	39
30. Cara memberi nama kolom KALVALPRED	40
31. Cara mengisi kolom KALVALPRED	40
32. Menu perhitungan PCA pada <i>the unscrambler</i> versi 10.4	41
33. Cara menginput <i>principal component analysis</i>	41
34. Tampilan menu pada PCA	42
35. Tampilan menu analisis SIMCA pada <i>the unscrambler 10.4</i>	43
36. Hasil sangrai kopi <i>fine</i> robusta, jagung, dan beras	44
37. Sampel kopi bubuk <i>fine</i> robusta asli (FR) dan <i>fine</i> robusta campuran jagung (FRJ)	45
38. Sampel kopi bubuk <i>fine</i> robusta asli (FR) dan <i>fine</i> robusta campuran beras (FRB)	45
39. Grafik nilai rata-rata spectra original kopi <i>fine</i> robusta asli dan campuran jagung dan beras panjang gelombang 190-1100 nm.....	46
40. Grafik nilai rata-rata spectra kopi <i>fine</i> robusta campuran jagung pada panjang gelombang 240-400 nm	47
41. Grafik nilai rata-rata spectra kopi <i>fine</i> robusta campuran beras pada panjang gelombang 240-400 nm	47
42. Hasil PCA spektra original <i>fine</i> robusta asli dan campuran jagung dengan panjang gelombang 240-400 nm	49
43. Grafik <i>x-loadings</i> PC1 pada hasil perhitungan PCA menggunakan spektra original	50
44. Hasil PCA spectra original <i>fine</i> robusta asli dan campuran beras dengan panjang gelombang 240-400 nm	51

45. Grafik <i>x-loadings</i> PC1 pada hasil perhitungan PCA menggunakan spektra original	52
46. Model SIMCA sampel kopi <i>fine</i> robusta asli pada spektra original	53
47. Model SIMCA sampel kopi <i>fine</i> robusta campura jagung pada spektra original dengan level campuran 10%-50%	53
48. Model SIMCA sampel kopi <i>fine</i> robusta asli pada spektra original	54
49. Model SIMCA sampel kopi <i>fine</i> robusta campura beras pada spektra original dengan level campuran 10%-50%	55
50. Kurva ROC klasifikasi FRA dan FRJ pada data spektra original	59
51. Kurva ROC klasifikasi FRA dan FRJ pada data spektra original	62

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang dibudidayakan di Indonesia yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Kopi menjadi salah satu tanaman yang menjadi komoditas ekspor dan unggulan bagi Indonesia. Indonesia menempati peringkat ke-4 sebagai negara penghasil kopi terbesar setelah Brazil, Vietnam dan Kolombia. Produksi kopi di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 690.000 ton dan konsumsi kopi di Indonesia mencapai 41% dari total produksi yaitu sebesar 282.000 ton (*International Coffee Organization, 2018*).

Jenis kopi yang terkenal di Indonesia adalah robusta, liberika, dan arabika. Namun, kopi yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah kopi jenis arabika dan robusta (Indrawanto *dkk*, 2010). Menurut Kementerian Pertanian (2017), kopi robusta memiliki proporsi 81% dari total keseluruhan produksi kopi di Indonesia dan sisanya adalah kopi arabika. Lampung merupakan daerah di Indonesia yang menghasilkan kopi dengan rasa yang khas berbeda dengan daerah lainnya. Menurut Kementerian Pertanian (2019), Lampung menjadi provinsi penghasil kopi terbesar kedua di Indonesia yaitu sebesar 106.746 ton/tahun. Provinsi Lampung selain menghasilkan kopi arabika dan robusta, juga memproduksi jenis kopi lainnya yaitu kopi *fine* robusta.

Istilah “*fine*” pada kopi jenis *fine* robusta adalah suatu penanda kualitas citarasa unggulan/premium pada kopi robusta, seperti halnya *specialty* sebagai penanda kualitas unggulan pada kopi arabika. Dikembangkan pada tahun 2012 oleh Uganda Coffee Development Authority (UCDA) bersama Coffee Quality Institute (CQI). Dengan kualitas yang sama dengan kopi arabika, kopi *fine* robusta memiliki tempat di hati para pecinta kopi. Kopi *fine* robusta menjadi salah satu

sasaran pemalsuan atau pengoplosan produk. Hal ini karena harga kopi *fine* robusta mencapai Rp.65.000 lebih mahal jika dibandingkan dengan kopi robusta biasa yang hanya berkisar Rp.19.500 (PT Ghaly Roelies Indonesia, 2020). Selain harga, kualitas dan produksi kopi *fine* Robusta yang terbatas menjadikan kopi ini sebagai sasaran pemalsuan atau pengoplosan.

Pemalsuan atau pengoplosan produk kopi bubuk menggunakan bahan bukan kopi, seperti beras, jagung, kedelai, dan sisa penggilingan biji kopi sangat sulit untuk terdeteksi secara langsung. Untuk mencegah pemalsuan kopi terdapat beberapa metode analisis yang dapat digunakan salah satunya adalah human sensori. Metode ini terbagi menjadi dua yaitu sensorik visual dan non visual. Sensorik visual yaitu penglihatan, sedangkan sensorik non visual yaitu penciuman, perasa, pendengaran, dan peraba. Metode ini memiliki banyak kekurangan, dikarenakan manusia dipengaruhi kondisi fisik dan keterbatasan akibat beberapa sifat indrawi tidak dapat dideskripsikan.

Pengembangan metode analisis untuk produk kopi telah banyak digunakan salah satunya yaitu dengan metode *spectroscopy*. Metode analisis yang digunakan seperti NIR *spectroscopy*, *mid infrared spectroscopy*, *UV-visible spectroscopy*, *nuclear magnetic resonance* (NMR) *spectroscopy* dan Raman *spectroscopy*. Metode analisis tersebut dikombinasikan dengan beberapa metode kemometrika. Penelitian yang mengkombinasikan kedua metode tersebut telah banyak dilakukan seperti, autentikasi kopi sangrai menggunakan NMR dan pendekatan kemometrika (Milani, 2020), identifikasi dan kuantifikasi kopi Arabika menggunakan FT-MIR dengan kemometrika (Flores-Valdez, 2020), analisis kemometrika berbasis HPLC untuk pemalsuan kopi (Cheah, dan Fang, 2020).

Metode *UV-visible spectroscopy* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode *spectroscopy* yang lain, seperti alatnya yang relatif murah, ekstraksi sampel hanya menggunakan air panas (bebas bahan kimia), mudah dalam menjalankan alatnya dan tersedia hampir di banyak laboratorium standar di Indonesia (Suhandy dan Yulia, 2019). Penelitian dengan metode *spectroscopy* menggunakan *UV-visible* telah banyak dilaporkan berhasil membedakan kopi bubuk Luwak asli dan campuran (Yulia dan Suhandy 2017), kopi bubuk lanang

dan bukan lanang (Suhandy dan Yulia 2017; Suhandy *et al.* 2017), kopi Kalosi dan kopi Toraja asal Provinsi Sulawesi Selatan (Suhandy dan Yulia, 2019). Dengan demikian, metode ini memiliki peluang yang baik untuk dikembangkan sebagai metode uji keaslian kopi *fine* robusta.

Dari hasil kajian pustaka yang telah dilakukan, tidak ditemukan adanya laporan penggunaan *UV-visible spectroscopy* dengan metode SIMCA untuk klasifikasi kopi bubuk *fine* Robusta. Oleh sebab itu, pada penelitian ini diujicobakan penggunaan metode *UV-visible spectroscopy* dengan metode kemometrika SIMCA untuk membedakan kopi bubuk *fine* Robusta asli dan kopi bubuk *fine* Robusta tidak asli (campuran) yang dicampur dengan bahan bukan kopi yaitu beras dan jagung. Bahan pencampur tersebut dipilih karena bahan banyak tersedia di pasaran dan harganya murah.

1.2.Tujuan

1. Mengidentifikasi perbedaan kopi bubuk *fine* Robusta asli Lampung dan kopibubuk *fine* Robusta campuran menggunakan metode *UV-Vis spectroscopy*.
2. Mengembangkan model SIMCA untuk klasifikasi kopi bubuk *fine* robusta asli dan kopi bubuk *fine* robusta campuran.

1.3.Kerangka Pemikiran

Kegiatan pemalsuan bahan pangan di Indonesia semakin sering dilakukan. Pemalsuan ialah suatu upaya perubahan tampilan makanan secara sengaja, dilakukan dengan cara menambah atau mengganti bahan makanan tujuannya untuk meningkatkan penampilan makanan sehingga mendapatkan keuntungan yang sebesar besarnya, namun memberikan kerugian dan dampak buruk untuk konsumen. Salah satu komoditas pangan yang menjadi sasaran empuk pemalsuan adalah produk kopi. Pemalsuan produk kopi dilakukan dengan cara mengoplos kopi asli dengan bahan bukan kopi, seperti jagung dan beras.

Produk kopi yang sedang berkembang di Indonesia khususnya di wilayah Lampung adalah jenis kopi *fine* Robusta. Kopi *fine* Robusta merupakan jenis kopi Robusta. Istilah “*fine*” menandakan kualitas citarasa unggulan/premium pada kopi Robusta, seperti halnya *specialty* sebagai penanda kualitas unggulan pada kopi Arabika. Harga yang tinggi menjadikan kopi *fine* Robusta sebagai sasaran pemalsuan produk kopi dengan bahan bukan kopi. Mengidentifikasi produk kopi yang telah dipalsukan secara visual sangatlah sulit ketika kopi telah berbentuk bubuk. Hal ini karena kopi asli dan kopi yang telah dicampur bahan bukan kopi memiliki warna yang sama.

Penggunaan *UV-Vis spectroscopy* karena alat ini memiliki banyak keunggulan, diantaranya yaitu harga alat yang relatif murah, ekstraksi sampel yang bebas bahan kimia karena hanya menggunakan air panas, mudah dalam pengoperasian alat, dan banyak tersedia di laboratorium standar di Indonesia. Sedangkan penggunaan bahan pencampur beras dan jagung karena kedua bahan ini yang paling sering digunakan untuk pengoplosan kopi.

Pengembangan metode analisis untuk produk kopi telah banyak digunakan salah satunya yaitu metode *spectroscopy* yang dikombinasikan dengan metode kemometrika. Metode *UV-Vis spectroscopy* memiliki banyak keunggulan dibandingkan metode lainnya. Penelitian dengan metode *spectroscopy* menggunakan *UV-Vis* telah banyak dilaporkan berhasil membedakan kopi bubuk Luwak asli dan campuran (Yulia dan Suhandy 2017), kopi bubuk lanang dan bukan lanang (Suhandy dan Yulia 2017; Suhandy *et al.* 2017), kopi kalosi dan kopi toraja asal Provinsi Sulawesi Selatan (Suhandy dan Yulia, 2019). Dengan demikian, metode ini memiliki peluang yang baik untuk dikembangkan sebagai metode uji keaslian kopi *fine* robusta.

Diduga, dengan metode *UV-Vis spectroscopy* yang dikombinasikan dengan metode SIMCA dapat diketahui perbedaan kopi *fine* robusta asli dan kopi *fine* robusta campuran, diagram kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 1:



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran

1.4. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah dengan metode *UV-Vis spectroscopy* yang dikombinasikan dengan metode SIMCA dapat diketahui perbedaan kopi *fine* robusta asli dan kopi *fine* robusta campuran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Produksi Kopi di Indonesia

Indonesia menempati peringkat ke-4 sebagai negara penghasil kopi terbesar setelah Brazil, Vietnam dan Kolombia. Data produksi kopi di Indonesia disajikan pada Tabel 1:

Tabel 1. Produksi kopi di Indonesia

Tahun	Produksi Kopi (Ton)
2012/2013	784.200
2013/2014	769.080
2014/2015	651.720
2015/2016	752.100
2016/2017	689.460
2017/2018	654.120
2018/2019	690.000

Sumber: *International Coffee Organization* (2018)

Pada Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa produksi kopi cenderung mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan kondisi cuaca yang kurang menguntungkan, dimana curah hujan cukup tinggi (Badan Pusat Statistik, 2018).

Perkembangan bisnis kopi yang kian marak dikalangan masyarakat Indonesia menjadikan kopi sebagai salah satu sasaran produk pemalsuan bahan pertanian. Pemalsuan adalah upaya sengaja mengganti, menambah, mengubah, atau merepresentasikan secara keliru suatu bahan dan/atau produk pangan, kemasan

pangan, serta memberikan informasi tidak benar pada label, untuk tujuan menipu konsumen demi keuntungan ekonomi (Hariyadi, P. Kompas, 2015).

Pemalsuan atau pengoplosan produk kopi bubuk menggunakan bahan bukan kopi, seperti beras, jagung, kedelai, dan sisa penggilingan biji kopi sangat sulit untuk terdeteksi secara langsung. Pada Gambar 2 dapat dilihat kedua jenis kopi memiliki warna yang sama sehingga sangat sulit untuk membedakan kopi bubuk asli dan kopi bubuk campuran.



(a)

(b)

Gambar 2. Perbedaan kopi bubuk asli (a) dan kopi bubuk campuran jagung (b)

(Sumber: data primer)

2.2. Kopi Fine Robusta

Kopi adalah tanaman perkebunan yang berasal dari Benua Afrika, tepatnya dari negara Ethiopia pada abad ke-9. Suku Ethiopia menggunakan biji kopi sebagai makanan mereka yang dikombinasikan dengan makanan pokok lainnya, seperti ikan dan daging. Tanaman ini mulai diperkenalkan pada dunia pada abad ke-17 di India. Selanjutnya, tanaman kopi menyebar ke Benua Eropa dibawa oleh seorang yang berkebangsaan Belanda dan terus dilanjutkan ke Negara lain termasuk ke wilayah jajahannya yaitu Indonesia (Panggabean, 2011).

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang dibudidayakan di Indonesia yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Jenis kopi yang terkenal di Indonesia adalah robusta, liberika, dan arabika. Namun, kopi yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah kopi jenis arabika dan robusta (Indrawanto *dkk*, 2010). Menurut Kementrean Pertanian (2017), kopi robusta memiliki proporsi 81% dari total keseluruhan produksi kopi di Indonesia dan sisanya adalah kopi arabika.

Tingginya produksi kopi robusta di Indonesia nyatanya tidak sebanding dengan harga kopi tersebut. Harga kopi robusta lebih murah jika dibandingkan harga kopi arabika, yaitu Rp. 19.500/kg sedangkan kopi arabika Rp.47.000/kg. Hal ini disebabkan sulitnya proses penanaman kopi arabika, kandungan kafein yang rendah, dan kualitas rasa kopi. Dimana aroma menggoda akan langsung terasa seketika menyeduh arabika, aroma bunga, rempah hingga buah tercium saat arabika diseduh, sedangkan aromarobusta ketika diseduh sedikit berbau seperti kacang-kacangan dan memiliki rasa seperti gandum, sehingga kurang begitu menggoda. Hal ini membuat robustadianggap sebagai kopi berkualitas rendah (Tripepa, 2018).

Sering dianggap sebagai kopi berkualitas rendah, tidak membuat kopi robusta begitu saja ditinggalkan para penikmat kopi. Kenyataannya kopi jenis ini pun memiliki kelebihan. Telah dibentuk berbagai komunitas yang mengembangkan kopi robusta menjadi kopi *fine* robusta. Istilah “fine” pada kopi jenis *fine* robusta adalah suatu penanda kualitas citarasa unggulan/premium pada kopi robusta, seperti halnya *specialty* sebagai penanda kualitas unggulan pada kopi arabika. Sebagai provinsi penghasil kopi terbesar kedua di Indonesia, Provinsi Lampung juga mengambil andil dalam pengembangan dan produksi kopi *fine* robusta.

2.2.1. Klasifikasi Kopi *Fine Robusta*

Kopi *fine robusta* masuk ke dalam jenis kopi robusta sehingga klasifikasi kedua kopi ini sama. Klasifikasi kopi robusta (*Coffea canephora*) menurut Rahardjo (2012) adalah sebagai berikut :

Kigdom	: <i>Plantae</i>
Subkigdom	: <i>Tracheobionta</i>
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Sub Kelas	: <i>Asteridae</i>
Ordo	: <i>Rubiales</i>
Famili	: <i>Rubiaceae</i>
Genus	: <i>Coffea</i>
Spesies	: <i>Coffea canephora</i>

2.2.2 Morfologi Kopi *Fine Robusta*

Kopi *fine robusta* memiliki morfologi yang khas, diantaranya ketinggian pohon sekitar 1,98 sampai 4,88 meter (Retnandari dan Tjokrowinoto 1991). Batang pokok memiliki ruas-ruas yang tampak jelas pada saat tanaman masih muda. Tiap ruas tumbuh sepasang daun yang berhadapan, selanjutnya tumbuh dua macam cabang yakni cabang orthotrop dan cabang plagiotrop (PTPN XII, 2013). Daun kopi berbentuk bulat telur, bergelombang, bergaris ke samping, berwarna hijau pekat, kekar, dan meruncing di bagian ujungnya. Daun tumbuh tersusun secara berdampingan di ketiak batang, cabang dan ranting. Bunga kopi tersusun dalam kelompok, masing-masing terdiri dari 4–6 kuntum bunga. Selain itu, karakteristik yang menonjol adalah biji yang agak bulat, lengkungan biji yang lebih tebal dibandingkan kopi arabika, dan garis tengah dari atas ke bawah yang hampir rata (Panggabean 2011).

Pada umumnya tanaman kopi berbunga setelah berumur dua tahun. Waktu yang diperlukan dari bunga menjadi buah matang sekitar 8-11 bulan, tergantung jenis dan lingkungan. Bunga umumnya mekar diawal musim kemarau dan buah siap dipetik diakhir musim kemarau. Panen buah kopi terjadi pada bulan April di sebagian besar daerah Indonesia. Panen ini berlangsung setelah 15 minggu periode pembungaan (Casasbuenas, 2017).

Waktu pembentukan buah kopi dipengaruhi oleh cuaca dan kondisi geografis tempat kultivasi tanaman kopi. Kopi Robusta tumbuh dengan baik pada ketinggian tempat (elevasi) 300-700 meter dari permukaan laut (mdpl), suhu udara harian 24-30 °C dan curah hujan rata-rata 1.500-3.000 mm/tahun (Ermawati, Arief & Slamet, 2008; Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2010). Elevasi optimal yang dianjurkan untuk penanaman kopi Robusta adalah 500-700 m dpl bila dikaitkan dengan mutu citarasa kopi (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia [PPKKI], 2008).

Kondisi lingkungan tumbuh kopi Robusta di setiap daerah beragam, sehingga menghasilkan mutu dan citarasa yang berbeda antara satu dengan yang lainnya (Soetrisno, 2009), dimana terdapat korelasi positif antara elevasi tempat tumbuh dengan mutu citarasa kopi (Leonei and Philippe, 2007; Barbosa *et al.*, 2012)

2.2.3. Kandungan Kopi *Fine* Robusta

Kopi *fine* robusta masuk ke dalam jenis kopi robusta, yang membedakan adalah proses penanaman dan pascapanen kopi tersebut. Sehingga kandungan yang dimiliki kopi *fine* robusta sama dengan kandungan kopi robusta biasa. Kandungan kopi tersebut disajikan pada Tabel 2:

Tabel 2. Kandungan kimia kopi robusta

Komponen	Konsentrasi (gr/100gr)	
	Green coffea canephora	Roasted coffea canephora
Sukrosa	0,9-4,0	1,6-tr
Gula pereduksi	0,4	0,3
Polisakarida	48-55	37
Lignin	3	3
Pectin	2	2
(Lanjutan Tabel 2)		
Protein	10-11	7,5-1,0
Asam amino bebas	0,8-1	Tidak terdeteksi
Kafein	1,5-2,5	2,4-2,5
Trigonelline	0,6-0,7	0,7-0,3
Asam nikotinic (Trigleserida, sterol/tocopherol)	-	0,014-0,025
Minyak kopi	7-10	11
Diterpen	0,2-0,8	0,2
Mineral	4,4-4,5	47
Asam klorogenat	6,1-11,3	3,3-3,8
Asam alifatik	1	1,6
Asam quinic	0,4	1
Melanoidins	-	25

Farah (2012). Dalam Farhaty (2016)

Banyaknya komponen kimia didalam kopi seperti kafein, asam klorogenat, trigonelin, karbohidrat, lemak, asam amino, asam organik, aroma volatile dan mineral menghasilkan efek yang menguntungkan dan membahayakan bagi kesehatan penikmat kopi (Hidgon, 2006). Golongan asam pada kopi akan mempengaruhi mutu dan memberikan aroma serta citarasa yang khas. Asam yang dominan pada biji kopi adalah asam klorogenat yaitu sekitar 8 % pada biji kopi atau 4,5 % pada kopi sangrai. Asam klorogenat bermanfaat bagi kesehatan manusia yaitu sebagai antioksidan, antivirus, hepatoprotektif, dan berperan dalam kegiatan antispasmodik (Farah, 2006).

Selain asam klorogenat kafein adalah senyawa terpenting yang terdapat di dalam kopi. Kafein berfungsi sebagai unsur citarasa dan aroma pada biji kopi (Ciptadi dan Nasution, 1985). Kandungan kafein biji mentah kopi arabika lebih rendah dibandingkan biji mentah kopi robusta, kandungan kafein kopi robusta sekitar 2,2% sedangkan kopi arabika sekitar 1,2 % (Spinale dan James, 1990). Untuk kandungan gula pada kopi robusta, akan semakin tinggi jika biji kopi adalah biji kopi petik merah.

2.3. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri adalah metode pengukuran kuantitatif yang didasarkan pada pengukuran absorbs (penyerapan) radiasi gelombang elektromagnetik. Terdiri dari dua kata yaitu spectrometer dan fotometer. Spectrometer adalah alat yang menghasilkan sinar dari spectrum dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan (diteruskan) atau diabsorbsikan (diserap). Sehingga spektrofotometer dapat diartikan sebagai instrument yang berfungsi untuk mengukur energy secara relatif jika energy tersebut diemisikan, direfleksikan, atau ditransmisikan sebagai fungsi panjang gelombang. Sederhananya spektrofotometer adalah instrument yang digunakan untuk mengukur jumlah cahaya yang diserap (terukur dalam bentuk transmitansi atau absorbansi) atau intensitas warna yang sesuai dengan panjang gelombang (Kurniawati, 2018).

Spektrofotometer terdiri dari beberapa macam yaitu, *UV-Vis (atomic absorption spectroscopy)*, *AAS (atomic emission spectroscopy)*, *MS (mass spectroscopy)*, *NMR (nuclear magnetic resonance)*, dan *FTIR (fourier transform infrared)*. Spektrofotometer jenis *UV-Vis* memiliki banyak kelebihan diantaranya: telah banyak digunakan, tersedia di banyak tempat, pengoperasian alat mudah, harga analisis murah, minim penggunaan bahan kimia, dan dapat digunakan untuk sampel jenis larutan, gas, atau uap (Suhartati, 2017).

Spektrofotometer Uv-Vis merupakan instrument dengan teknik spektrofotometer pada daerah ultraviolet dan sinar tampak yang menggunakan cahaya sebagai sumber energi. Alat ini digunakan mengukur serapan sinar ultra violet atau sinar

tampak oleh suatu materi dalam bentuk larutan, gas, atau uap. Namun, umumnya materi harus diubah terlebih dahulu menjadi larutan yang jernih (Suhartati, 2017).

2.3.1. Spesifikasi Spektrofotometer UV-Vis

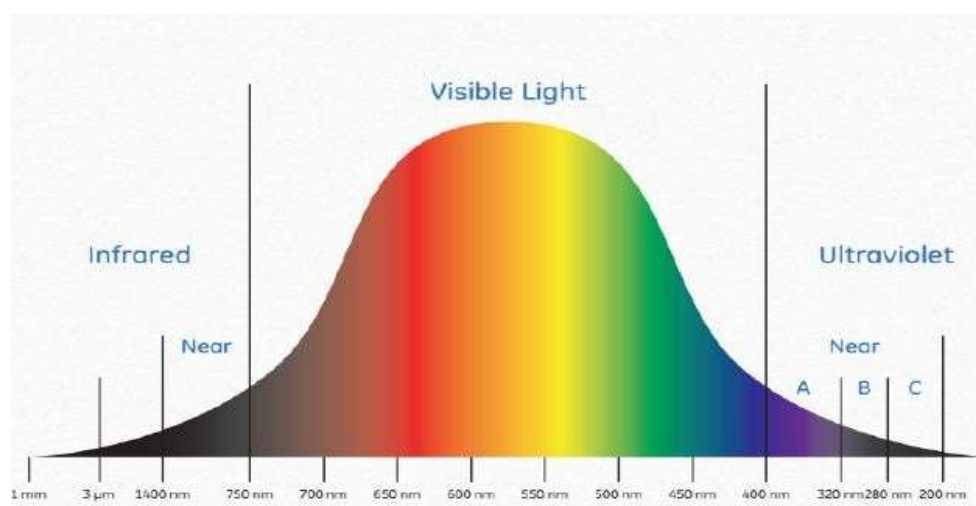
Gambar spektrofotometer UV-Vis disajikan pada Gambar 3:



Gambar 3. Alat spektrofotometer Uv-vis

(UPT LTSIT, 2020)

Spektrum elektromagnetik dibagi kedalam beberapa region berdasarkan panjang gelombang. Pada spektrofotometer UV-Vis, UV mengukur pada panjang gelombang 200 – 400 nm, sedangkan Visible 380 – 760 nm. Gambar region panjang gelombang disajikan pada Gambar 4:



Gambar 4. Region panjang gelombang spektrum elektromagnetik

(Suhartati, 2017)

Spektrofotometer UV-Vis terdiri dari beberapa bagian, yaitu sebagai berikut:

a. Sumber cahaya

Sumber cahaya digunakan untuk pengukuran absorpsi. Sumber cahaya untuk penentuan dan pengukuran harus memancarkan sinar dengan kekuatan yang cukup dan berkesinambungan yang berarti harus mengandung semua panjang gelombang dari region yang dipakai. Kekuatan sinar radiasi harus konstan selama waktu yang diperlukan (Triyati, 1985).

Sumber cahaya tampak yang paling umum dipakai adalah lampu Wolfram atau lampu pijar yang menghasilkan spectrum tetap pada panjang gelombang 230 – 2500 nm. Sedangkan sumber radiasi Ultra-violet biasa dipergunakan lampu Hidrogen atau Deuterium dan lampu gas xeon.

b. Monokromator

Bagian ini berfungsi untuk memisahkan radiasi (menguraikan cahaya) ke dalam komponen-komponen panjang gelombang dan dapat memisahkan bagian spektrum yang diinginkan dari lainnya.

c. Kuvet

Kuvet adalah alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi reagen yang dibaca pada spektrofotometer. Sederhananya kuvet adalah alat tempat menaruh sampel yang akan diukur pada alat. Macam-macam kuvet disajikan pada Gambar 5:



Gambar 5. Macam-macam kuvet (Adelya, 2018)

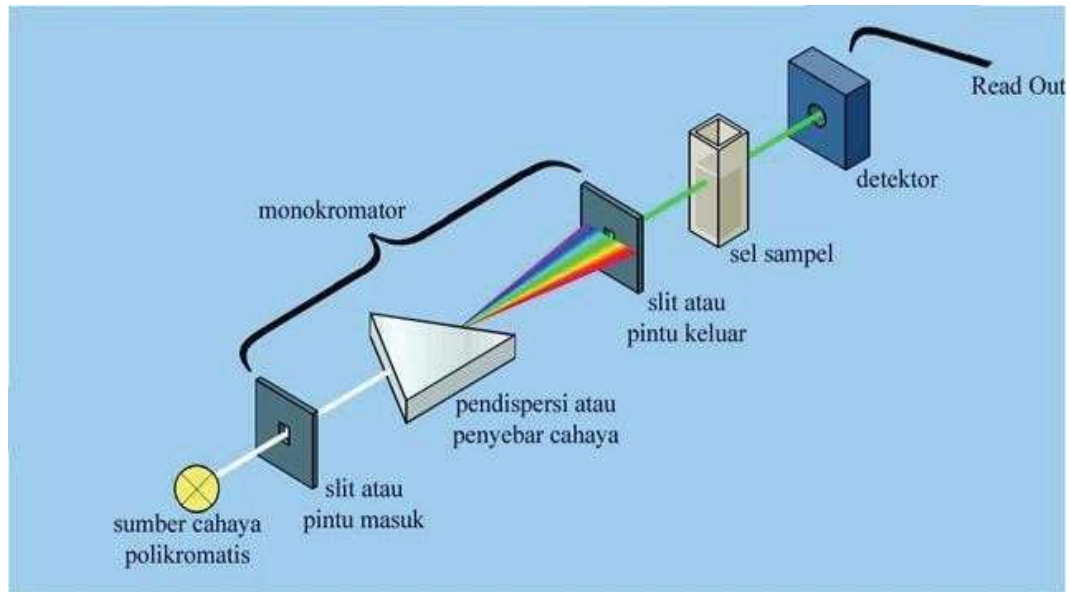
Kuvet yang terbuat dari silika lebih baik dibandingkan kuvet kaca dan plastik, hal ini karena kuvet kaca dan plastik dapat menyerap UV sehingga penggunaannya hanya pada spektrofotometer sinar tampak (VIS).

d. Detektor

Detektor berfungsi untuk menghasilkan signal elektrik. Detektor akan mengubah cahaya menjadi sinyal listrik yang selanjutnya akan ditampilkan oleh penampil data dalam bentuk angka digital.

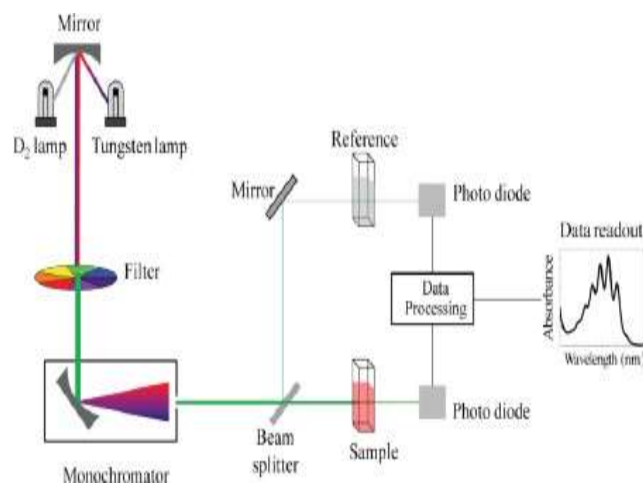
2.3.2. Tipe Spektrofotometer UV-Vis

Terdapat dua tipe instrumen spektrofotometer UV-Vis yaitu *single-beam* dan *double-beam*. *Single-beam instrument* digunakan untuk metode kuantitatif dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tunggal. *Single-beam instrument* mempunyai beberapa kelebihan yaitu sederhana dan harganya murah. Pada *single-beam* panjang gelombang paling rendah adalah 190 sampai 210 nm dan paling tinggi adalah 800 sampai 1000 nm (Skoog, DA, 1996). Diagram spektrofotometer UV-Vis *single-beam* disajikan pada Gambar 6:



Gambar 6. Diagram spektrofotometer UV-Vis *single-beam* (Suhartati, 2017)

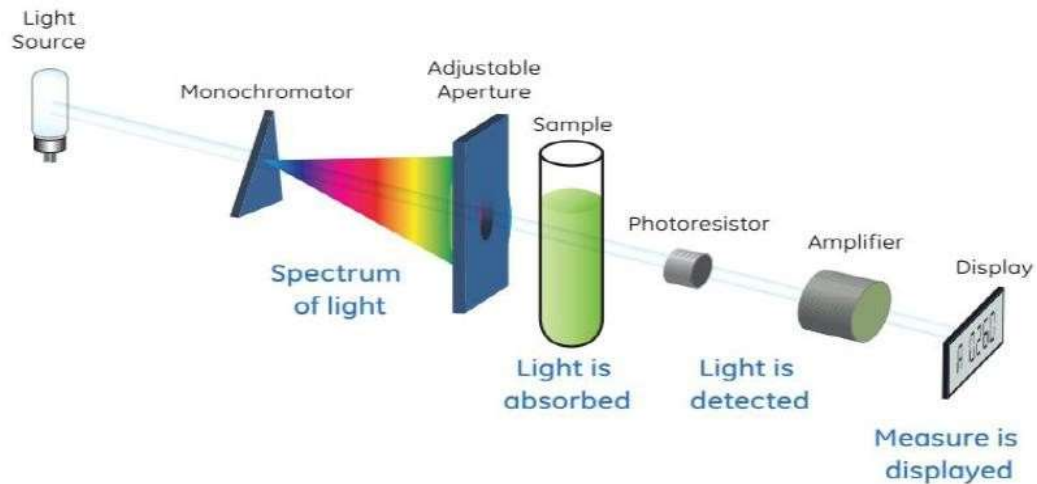
Spektrofotometer UV-Vis double-beam digunakan pada panjang gelombang 190 - 750 nm. *Double-beam instrument* memiliki dua sinar yang dibentuk oleh potongan cermin berbentuk V yang disebut pemecah sinar. Sinar pertama melewati larutan blanko dan sinar kedua secara serentak melewati sampel (Skoog, DA, 1996). Sumber cahaya polikromatis yang digunakan untuk sinar UV adalah lampu deuterium, sedangkan sinar Visibel atau sinar tampak adalah lampu wolfram. Diagram spektrofotometer UV-Vis *double-beam* disajikan pada Gambar 7:



Gambar 7. Diagram spektrofotometer UV-Vis *double-beam* (Suhartati, 2017)

2.3.3. Prinsip kerja

Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis disajikan pada Gambar 8:



Gambar 8. Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis(Suhartati, 2017)

Cahaya dipancarkan melalui monokromator yang menguraikan sinar masuk dari sumber cahaya tersebut menjadi pita-pita panjang gelombang yang diinginkan untuk pengukuran suatu zat tertentu. Selanjutnya cahaya monokromatik melalui suatu media (larutan) di dalam kuvet, maka sebagian cahaya tersebut diserap (I), sebagian dipantulkan (I_r), dan sebagian lagi dipancarkan (I_t). Jumlah cahaya yang diserap larutan akan menghasilkan signal elektrik pada detektor, dimana signal elektrik ini sebanding dengan cahaya yang diserap oleh larutan tersebut. Nilai signal elektrik yang dialirkan ke pencatat dapat dilihat sebagai angka.

Pengukuran kuantitatif dilakukan secara komparatif menggunakan kurva kalibrasi dari hubungan konsentrasi deret larutan alat untuk analisa suatu unsur, berdasarkan nilai absorbansi yang dihasilkan dari spektrum dengan adanya senyawa pengompleks sesuai unsur yang dianalisisnya, sedangkan pada pengukuran kualitatif berdasarkan puncak-puncak yang dihasilkan spektrum dari suatu unsur tertentu pada panjang gelombang tertentu. Adapun dalam penggunaannya pengukuran spektrofotometer UV-Vis dilandasi oleh hukum Lambert Beer.

2.3.4. Hukum Lambert Beer

Hukum Lambert Beer yaitu bila suatu cahaya monokromatis dilewatkan melalui suatu media yang transparan, maka intensitas cahaya yang ditransmisikan sebanding dengan tebal dan kepekaan media larutan yang digunakan. Hukum Beer berbunyi:

“Jumlah radiasi cahaya tampak (ultraviolet, inframerah dan sebagainya) yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan”.

Cahaya yang diserap diukur sebagai absorbansi (A) dan cahaya yang dihamburkan diukur sebagai transmitansi (T). Berdasarkan hukum Lambert-Beer, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang menghamburkan:

$$T = \frac{I_t}{I_0} \quad \text{atau} \quad \%T = \frac{I_t}{I_0} \times 100 \% \quad (2.1)$$

dan absorbansi dinyatakan dengan rumus:

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_0} \quad (2.2)$$

dimana I_0 merupakan intensitas cahaya datang dan I_t atau I_1 adalah intensitas cahaya setelah melewati sampel.

Rumus yang diturunkan dari Hukum Beer dapat ditulis sebagai:

$$A = a \cdot b \cdot c \quad \text{atau} \quad A = \epsilon \cdot b \cdot c \quad (2.3)$$

dimana:

- A = absorbansi
- b / l = tebal larutan (tebal kuvet diperhitungkan juga umumnya 1 cm)
- c = konsentrasi larutan yang diukur
- ϵ = tetapan absorptivitas molar (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam molar)
- a = tetapan absorptivitas (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam ppm)

2.4. Metode Klasifikasi Data Multivariat

Metode klasifikasi adalah sekumpulan metode kemometrika yang digunakan untuk membangun model klasifikasi. Model ini yang nantinya digunakan untuk memprediksi keanggotaan sampel masuk atau tidak ke dalam kelas yang telah didefinisikan dalam model (Biancolilo dan Marini, 2018).

Metode klasifikasi pada kemometrika dan analisis data multivariat dikelompokkan ke dalam dua kelompok, yaitu klasifikasi terbimbing dan klasifikasi tidak terbimbing (Lopes dan Neto, 2018).

a. Klasifikasi tidak terbimbing

Klasifikasi tidak terbimbing dapat digambarkan sebagai proses pemetaan sampel atau proses klusterisasi sampel. Sampel hasil pengukuran memiliki beberapa atribut atau properti yang kemudian atribut sampel tersebut dipilih untuk mengelompokkan sampel-sampel berdasarkan kesamaan atau ketidaksamaan property yang dimiliki sampel. Biasanya klasifikasi ini dilakukan terlebih dahulu sebelum menggunakan metode klasifikasi terbimbing (Suhandy dan Yulia, 2019). Beberapa metode yang termasuk klasifikasi tidak terbimbing yaitu principal component analysis (PCA), K-means, Hierarchical cluster analysis, dan K-medians.

b. Klasifikasi terbimbing

Klasifikasi terbimbing melibatkan dua tahap klasifikasi yaitu pertama tahap pembuatan atau pengembangan model menggunakan sejumlah sampel kalibrasi dan kedua tahap proses prediksi kelas untuk sampel baru. Model yang dibentuk pada tahap pertama akan membimbing sampel baru apakah masuk ke dalam kelas atau tidak berdasarkan kriteria dan batas yang merupakan fitur dari model yang dibentuk tersebut (Suhandy dan Yulia, 2019). Metode yang termasuk klasifikasi terbimbing ialah *soft independent modeling of class analogy (SIMCA)*, *artificial neural networks (ANN)*, *linear discriminant analysis (LDA)*, *logistic regression*,

support vector machine classification (SVMC) (Lopes dan Neto, 2018).

Pada penelitian ini akan menggunakan metode *principal component analysis* (PCA) sebagai metode klasifikasi tidak terbimbing dan metode *soft independent modeling of class analogy* (SIMCA) sebagai metode klasifikasi terbimbing.

2.4.1. Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) adalah metode proyeksi untuk memvisualisasikan semua informasi yang terdapat pada tabel data yang kompleks. Dengan menggunakan *software* The Unscrambler, PCA dapat digunakan untuk mengetahui dengan tepat faktor atau variabel yang menjadi pembeda antara satu sampel dengan sampel lainnya, variabel mana yang memiliki kontribusi terbesar terhadap perbedaan tersebut. Apabila terdapat beberapa variabel yang mengendalikan perbedaan pada sampel, maka apakah variabel variabel tersebut saling bebas atau saling berkorelasi. PCA mampu mengkuantifikasi sejumlah informasi yang ada di dalam data dan juga mampu memisahkan sejumlah informasi *noise* yang harus dikeluarkan dari data (Suhandy dan Yulia, 2019). PCA menjadi dasar dari penggunaan metode klasifikasi seperti SIMCA dan regresi (PLS/PCR).

2.4.2. Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)

SIMCA merupakan salah satu metode klasifikasi dengan pendekatan *class modeling*. Klasifikasi jenis ini mengeksploitasi aspek kesamaan yang dimiliki kelas-kelas yang terlibat, sehingga memungkinkan sebuah sampel terklasifikasikan ke dalam dua kelas atau tidak masuk ke dalam kelas manapun (Suhandy dan Yulia, 2019).

Seperti halnya PCA metode SIMCA juga diterapkan dalam The Unscrambler. SIMCA diawali dengan menggunakan metode PCA untuk menentukan kelas-kelas dalam sampel kalibrasi. Selanjutnya sampel prediksi dibandingkan dengan model kelas yang telah dibangun oleh PCA dan mengelompokkan sampel prediksi ke dalam kelas sesuai dengan kesamaan sampel tersebut dengan sampel kalibrasi.

2.4.3. Parameter Untuk Mengevaluasi Model Klasifikasi

a. Matriks Konfusi

Salah satu parameter yang digunakan untuk mengevaluasi hasil klasifikasi pada model adalah matriks konfusi (*confusion matrix*). Contoh matriks konfusi disajikan pada Tabel 3:

Tabel 3. Contoh matriks konfusi

	Sampel kelas A (aktual)	Sampel kelas B (aktual)
Sampel kelas A (prediksi oleh model klasifikasi)	TP	FP
Sampel kelas B (prediksi oleh model klasifikasi)	FN	TN

Suhandy dan Yulia (2019)

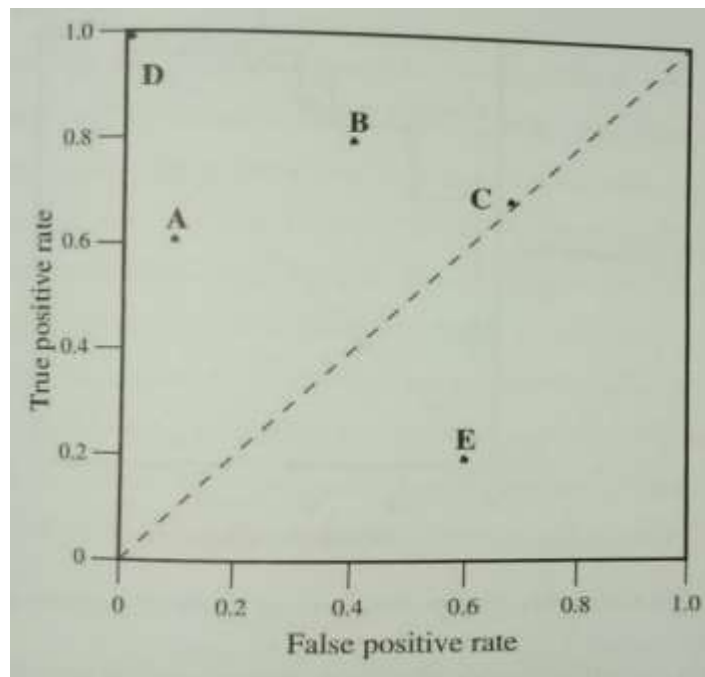
Dapat dilihat pada tabel terdapat dua kelas yang terlibat, yaitu kelas A dan B. TP (*true positive*) mengartikan sampel kelas A diklasifikasikan secara benar sebagai kelas A. FP (*false positive*) adalah sampel kelas A yang diklasifikasikan sebagai kelas B. TN (*true negative*) adalah sampel kelas B yang diklasifikasikan secara benar sebagai kelas B. FN (*false negative*) adalah sampel kelas B yang diklasifikasikan sebagai kelas A. Nilai yang telah didapatkan kemudian dihitung dengan beberapa parameter yaitu sensitivitas, spesifisitas, akurasi, dan *error*.

Sensitivitas adalah parameter yang menunjukkan kemampuan model klasifikasi yang sudah dibangun untuk mengklasifikasikan sampel kelas A secara benar. Spesifitas adalah parameter yang menunjukkan kemampuan model klasifikasi yang sudah dibangun dalam mengklasifikasikan kelas B secara benar. Akurasi adalah rasio persentase dari keseluruhan sampel A dan B yang diklasifikasikan secara benar. Ketiga nilai ini berada pada rentang 0-100%. Sedangkan MCC memiliki nilai -1 sampai +1, dimana nilai +1 menunjukkan hasil klasifikasi yang sempurna (de Santana *et al.*, 2018 dalam Suhandy dan Yulia, 2019).

b. Kurva ROC (Receiver-Operating Characteristic)

Kurva ROC adalah teknik untuk memvisualisasikan, mengatur, dan memilih metode klasifikasi berdasarkan kinerja. Sehingga kurva ROC sangat berguna untuk membandingkan kinerja dan menentukan metode klasifikasi terbaik berdasarkan hasil analisis kurva ROC (Suhandy dan Yulia, 2019). Nilai yang dibutuhkan untuk membuat kurva ROC adalah FP (*false positive*) dan TP (*true positive*).

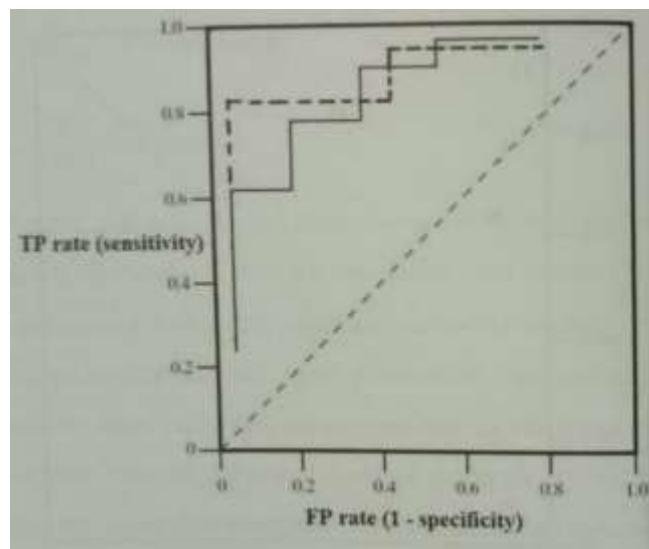
Kurva ROC melibatkan dua buah sumbu yaitu sumbu X dan Y. Nilai yang diplot pada sumbu Y adalah TP rate, sedangkan pada sumbu X adalah FP rate. Kurva ini juga menggambarkan *tradeoff* relative antara nilai TP dan FP. Contoh kurva ROC disajikan pada Gambar 9:



Gambar 9. Contoh kurva ROC (Suhandy dan Yulia, 2019)

Jika nilai sebuah titik di kurva ROC $\{0,0\}$ artinya TP rate dan FP rate masing-masing adalah nol. Nilai ini dikatakan sebagai performansi klasifikasi yang semakin jelek. Namun, jika kurva ROC menunjukkan nilai yang mendekati $\{0,1\}$ maka ini dikatakan performansi klasifikasi semakin baik. Jika tepat di titik $\{0,1\}$ maka menghasilkan klasifikasi yang sempurna seperti yang ditunjukkan titik D pada gambar di atas.

Pada beberapa metode klasifikasi dapat menghasilkan nilai pasangan lebih dari satu, sehingga plot dalam kurva bukan berupa satu titik namun beberapa titik yang dapat dihubungkan menjadi garis kontinyu. Contohnya disajikan pada Gambar 10:



Gambar 10. Kurva ROC dengan AUC
(Gorunescu, 2011 dalam Suhandy dan Yulia, 2019)

Cara membandingkan kinerja metode klasifikasi yang kurva ROC nya berupa garis, dapat dihitung dengan nilai AUC (Area Under Curve) yang memiliki rentang nilai 0.0 – 1.0. semakin besar nilainya, maka kinerja klasifikasi yang dilakukan semakin baik. Dijelaskan oleh (Gorunescu, 2011) yang dijadikan panduan, bahwa:

AUC = 0.90-1.00 berarti klasifikasi sangat memuaskan/*excellent*

AUC = 0.80-0.90 berarti klasifikasi baik/*good*

AUC = 0.70-0.80 berarti klasifikasi bisa diterima/*fair*

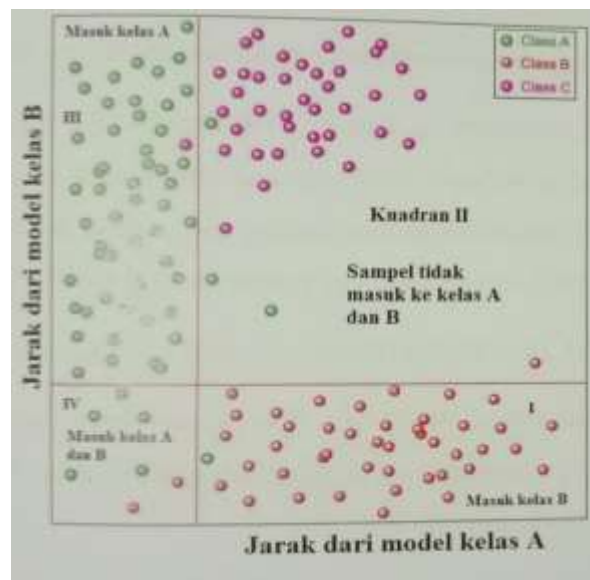
AUC = 0.60-0.70 berarti klasifikasi buruk/*poor*

AUC = 0.50-0.60 berarti klasifikasi gagal/*failure*

c. Plot Coomans

Plot Coomans adalah sebuah plot yang tersusun atas dua buah sumbu, yaitu sumbu x dan y. masing-masing sumbu merupakan nilai jarak dari model kelas A dan kelas B. metode klasifikasi ini dibagi menjadi empat buah kuadran.

Dapa dilihat pada gambar di bawah. Kuadran I adalah daerah sampel yang hanya masukke dalam kelas B. Kuadran II adalah sampel yang tidak masuk di kedua kelas (tidak di kelas A maupun kelas B). Kuadran III adalah daerah sampel yang hanya masuk ke dalam kelas A. Kuadran IV adalah sampel yang masuk ke dalam dua kelas tersebut (kelas A dan sekaligus kelas B). *plot commans* empat kuadran disajikan pada Gambar 11:



Gambar 11. *Plot commans* dengan empat kuadran (Suhandy dan Yulia, 2019)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Bioproses Pascapanen Universitas Lampung pada bulan Januari 2021 – Maret 2021.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah biji kopi *fine* robusta, beras, jagung, kertas saring, dan air distilasi.

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah alat roasting, *grinder*, timbangan analitik, ayakan ukuran 40 mesh, *stirrer*, *magnetic stirrer*, thermometer, dan alat gelas lainnya.

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kopi *fine* robusta asli dan kopi *fine* robusta campuran menggunakan bahan bukan kopi. Desain rancangan penelitian menggunakan dua faktorial, adalah faktor pertama bahan bukan kopi (C), beras (C1), jagung (C2). Faktor kedua yaitu, komposisi campuran bahan bukan kopi (K) pada lima taraf konsentrasi yaitu (K1) 10%, (K2) 20%, (K3) 30%, (K4) 40%, dan (K5) 50%.

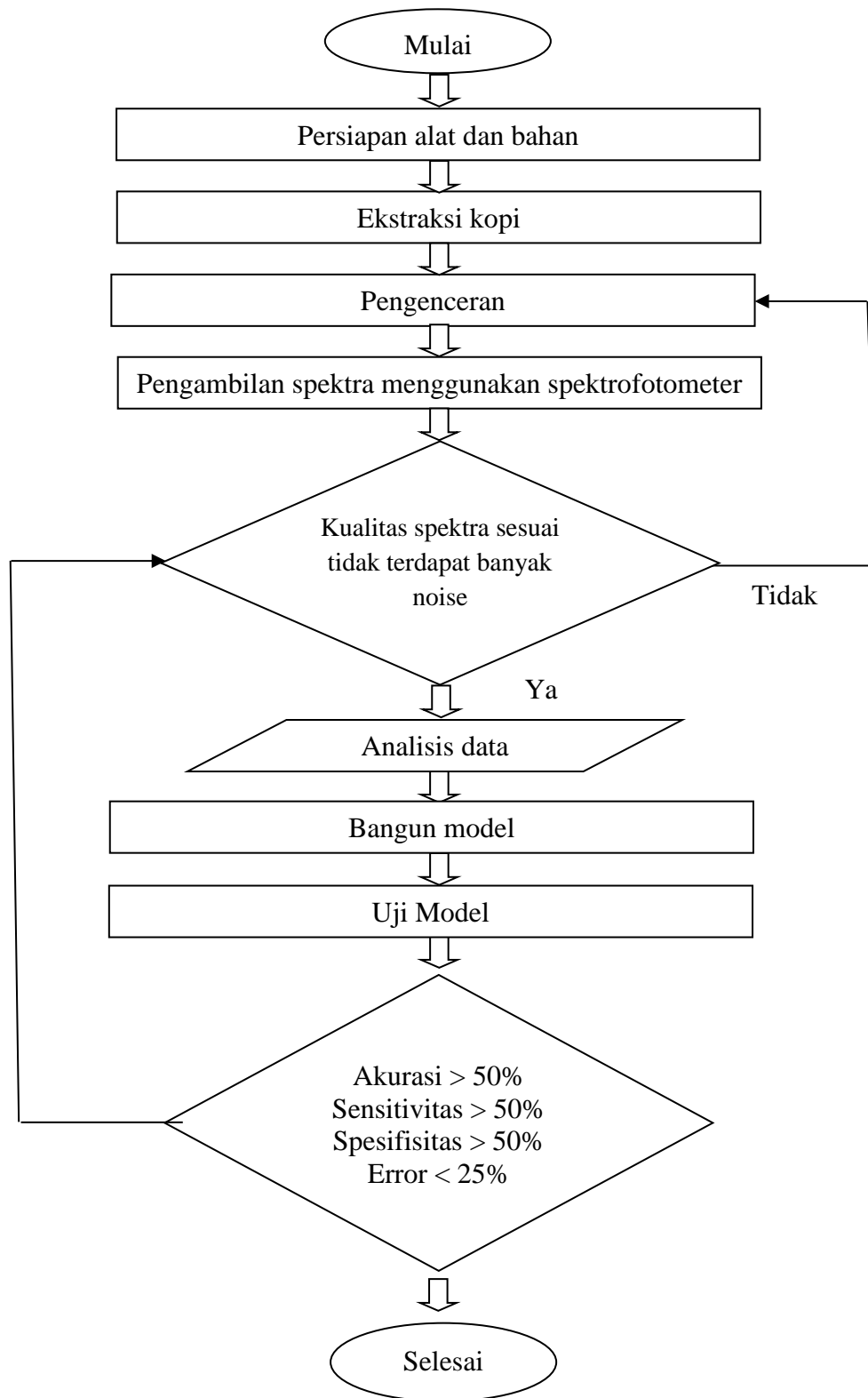
Biji kopi *fine* robusta dan bahan bukan kopi yaitu beras dan jagung, masing-masing disangrai pada suhu 200°C selama 15 menit. Selanjutnya bahan-bahan tersebut digiling menggunakan *grinder* tipe Sayota Home Coffee Grinder dan diayak dengan ayakan ukuran 40 mesh.

Sampel kopi bubuk *fine* robusta asli ditimbang sebanyak 1 g. Setelah itu disiapkan juga sampel kopi campuran dengan total berat 1 g, yaitu pencampuran bubuk kopi *fine* robusta dengan beras dan jagung masing-masing pada level campuran 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Sehingga diperoleh 11 perlakuan sampel yang dapat dilihat pada Tabel 4. Dengan proses ekstraksi, sampel diseduh dengan air distilasi yg bersuhu 90-98 °C sebanyak 70 mL. Seduhan tersebut kemudian diaduk menggunakan *stirrer* pada kecepatan 350 rpm. Selanjutnya seduhan disaring menggunakan kertas saring. Hasil dari saringan didiamkan hingga suhu ruang, kemudian diencerkan menggunakan air distilasi dengan perbandingan volume 1:70 (1ml ekstrak kopi : 70ml aquades) dimana untuk setiap perlakuan dievaluasi sebanyak 20 sampel.

Selanjutnya sampel dianalisis menggunakan spektro UV-Vis pada panjang gelombang 190-1100 nm. Prosedur pelaksanaan penelitian disajikan pada Gambar 12:

Tabel 4. Komposisi kopi *fine* robusta asli dan campuran

Nama Sampel	Komposisi Bahan	Σ Sampel
FRA	1 g kopi <i>fine</i> robusta asli	20
FRJA	0,9 g kopi <i>fine</i> robusta + 0,1 g jagung	20
FRJB	0,8 g kopi <i>fine</i> robusta + 0,2 g jagung	20
FRJC	0,7 g kopi <i>fine</i> robusta + 0,3 g jagung	20
FRJD	0,6 g kopi <i>fine</i> robusta + 0,4 g jagung	20
FRJE	0,5 g kopi <i>fine</i> robusta + 0,5 g jagung	20
FRBA	0,9 g kopi <i>fine</i> robusta + 0,1 g beras	20
FRBB	0,8 g kopi <i>fine</i> robusta + 0,2 g beras	20
FRBC	0,7 g kopi <i>fine</i> robusta + 0,3 g beras	20
FRBD	0,6 g kopi <i>fine</i> robusta + 0,4 g beras	20
FRBE	0,5 g kopi <i>fine</i> robusta + 0,5 g beras	20



Gambar 12. Diagram alir penelitian (Andriyani, 2019).

3.3.1. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dilakukan dengan pengecekan alat-alat yang akan digunakan saat penelitian untuk memastikan peralatan dapat berfungsi dengan baik. Bahan yang disiapkan pada penelitian ini adalah aquades, biji kopi, biji jagung, dan beras. Sebelum digunakan dilakukan proses sortasi biji kopi, biji jagung, dan beras untuk memisahkan bahan-bahan yang baik dan yang mengalami kerusakan (*defect*). Biji kopi yang digunakan pada penelitian ini adalah biji kopi *fine* robusta dari Lampung Barat. Biji jagung dan beras didapatkan dari pasar tradisional.

3.3.2. Penyangraian Kopi, Jagung, dan Beras

Penyangraian dilakukan untuk menurunkan kadar air pada bahan-bahan setelah proses penyimpanan dan merupakan proses pembentukan aroma dan rasa pada biji kopi. Penyangraian dilakukan menggunakan *coffee roaster* dengan suhu 200°C selama kurang lebih 15 menit sampai menghasilkan kopi, jagung, dan beras dengan tingkatan *medium roast*. Hasil sangrai disajikan pada Gambar 13:



Gambar 13. Proses penyangraian

3.3.3. Penggilingan Kopi

Proses penggilingan bertujuan untuk mengecilkan ukuran bahan sehingga mempermudah proses ekstraksi. Penggilingan menggunakan mesin *coffee grinder* dengan daya 180 watt tipe SCG 178 yang disajikan pada Gambar 14:



Gambar 14. Proses penggilingan

3.3.4. Pengayakan

Pengayakan bertujuan untuk menyeragamkan ukuran dari partikel bahan yang digunakan. Bahan diayak dengan menggunakan ayakan *tyler meinzer II* dengan ukuran 40 *mesh*. Proses pengayakan bubuk kopi disajikan pada Gambar 15:



Gambar 15. Proses pengayakan

3.3.5. Penimbangan

Bahan yang lolos proses pengayakan selanjutnya ditimbang dengan menggunakan *analytical balance* dengan ukuran 1 g sampel untuk setiap sampel uji. Proses penimbangan disajikan pada Gambar 16:



Gambar 16. Proses penimbangan

3.3.6. Ekstraksi Kopi

Tahapan dalam pembuatan ekstrak kopi yaitu pembuatan larutan, penyaringan dan pengenceran.

1. Pembuatan Larutan

Pada proses ekstraksi kopi, sampel berupa bubuk yang telah ditimbang sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam beaker dan dilarutkan dengan aquades sebanyak 50 mL pada suhu 90-98°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer ciblanc* dengan kecepatan 350 rpm selama 10 menit. Proses pembuatan larutan disajikan pada Gambar 17:



Gambar 17. Proses pembuatan larutan

2. Penyaringan

Setelah sampel terlarut dilakukan proses penyaringan menggunakan kertas saring yang bertujuan untuk memisahkan antara ampas kopi (*coffee spent*) dengan hasil ekstrak kopi. Proses penyaringan ditunjukkan pada Gambar 18:



Gambar 18. Proses penyaringan

3. Pengenceran

Ekstrak kopi yang dihasilkan dari proses penyaringan kemudian di-*stirrer* kembali selama 10 menit menggunakan *magnetic stirrer ciblanc* untuk menghomogenkan ekstrak kopi. Proses selanjutnya adalah pengenceran dengan perbandingan 1 : 70 (1 mL ekstrak kopi : 70 mL aquades). Prosedur ekstraksi kopi disajikan pada Gambar 19:



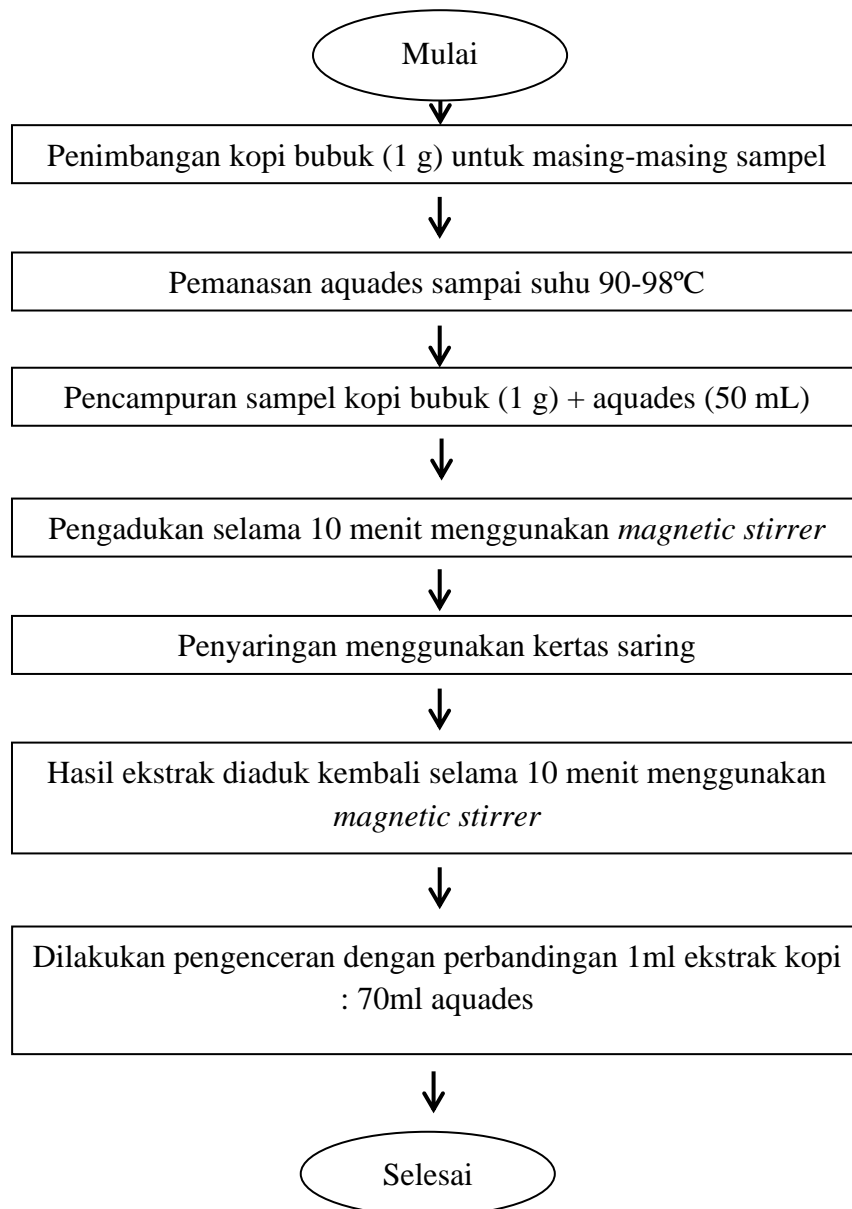
(a)



(b)

Gambar 19. (a) Proses Pengadukan ekstrak kopi, (b) Pengenceran ekstrak kopi dengan aquades

Tahapan ekstraksi kopi disajikan pada Gambar 20:



Gambar 20. Prosedur ekstraksi kopi.

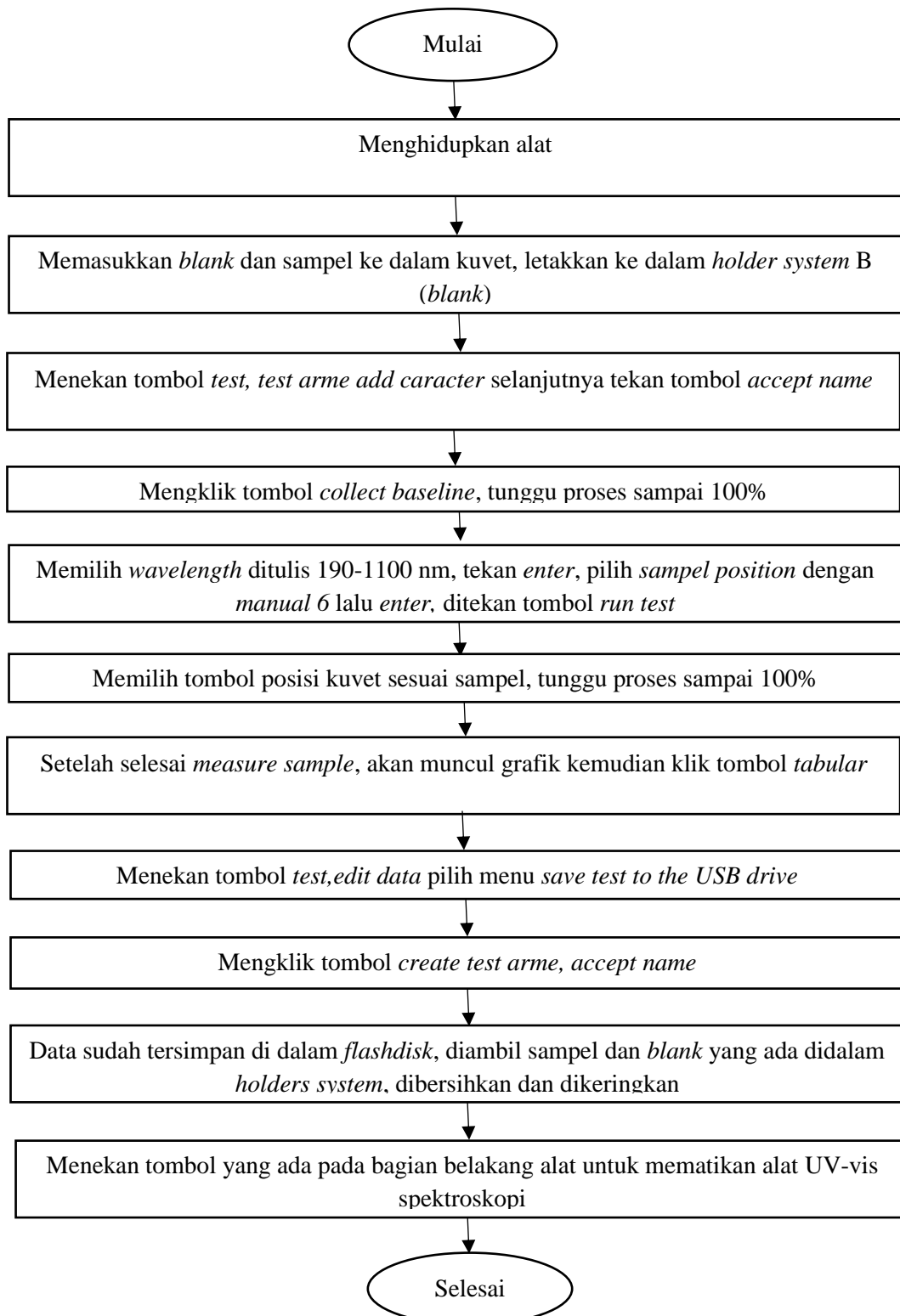
3.3.7. Proses Pengukuran Spektra Menggunakan Spektrometer

Pengukuran spektra dengan menggunakan *Genesys 10s UV-vis* spektroskopi. Sebelum pengukuran sampel dilakukan pengukuran *blank* (kuvet berisi aquades). Selanjutnya proses pengambilan spektra yaitu dengan memasukkan hasil pengenceran ekstrak kopi pada *cuvet* sebanyak 2 mL, kemudian *cuvet* dimasukkan dalam sistem holder dan diukur nilai absorbansnya selama 2 menit hingga prosesnya 100%. Pada ketiga jenis sampel masing-masing diambil 2 kali ulangan. Proses pengambilan spektra disajikan pada Gambar 21:

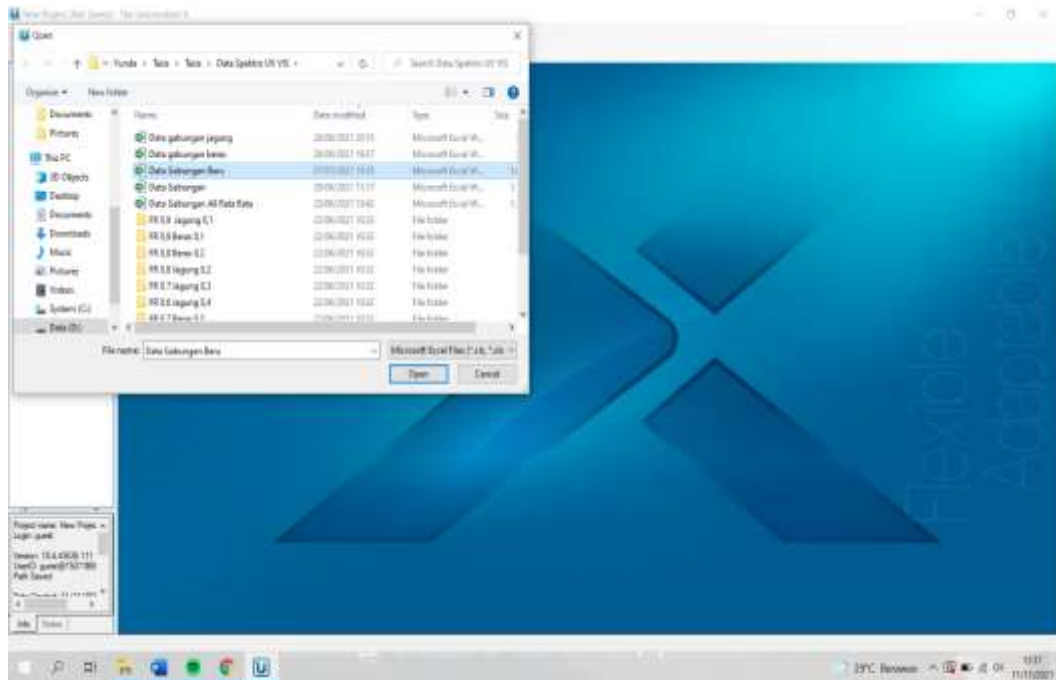


Gambar 21. Proses pengambilan spektra menggunakan UV-vis Spektroskopi.

Prosedur penggunaan alat UV-vis spektroskopi disajikan pada Gambar 22:

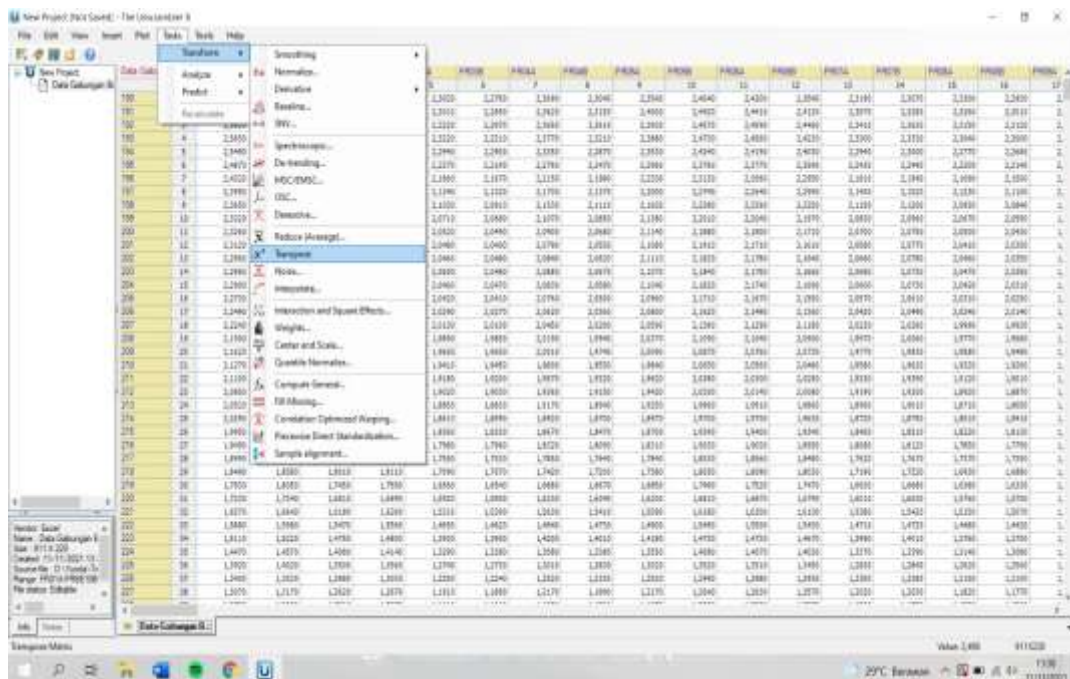


Gambar 22. Prosedur penggunaan UV-vis spektroskopi (Andriyani, 2019).



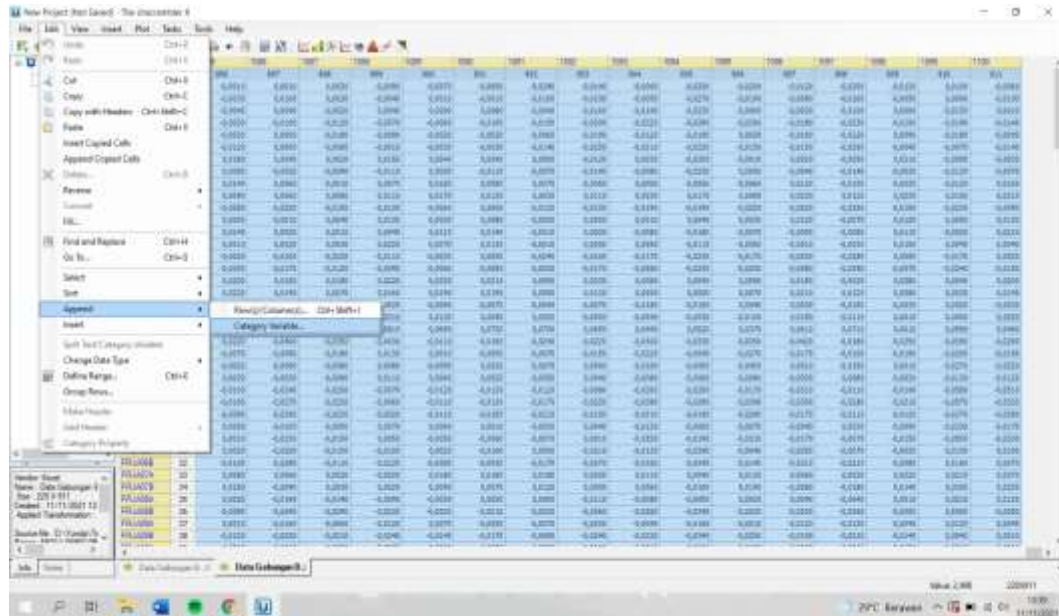
Gambar 24. Memilih file excel yang akan diimport

Setelah data muncul pada jendela *The Unscrambler* selanjutnya data tersebut di-*transpose* dengan perintah klik menu *Task* kemudian pilih *Transform* lalu pilih *Transpose* seperti disajikan pada Gambar 25:



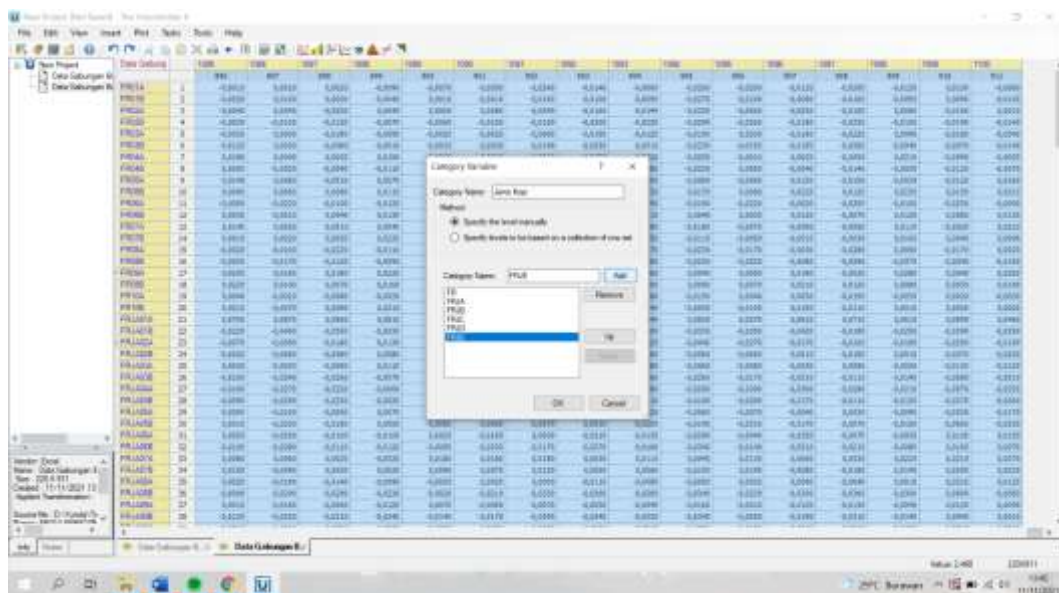
Gambar 25. Cara mentranspose data pada *The Unscrambler* versi 10.4.

Selanjutnya membuat kolom kategori variabel dengan cara memblok semua data, lalu pilih menu *Edit* kemudian pilih *Append* dan pilih *Category Variable* seperti disajikan pada gambar 26:

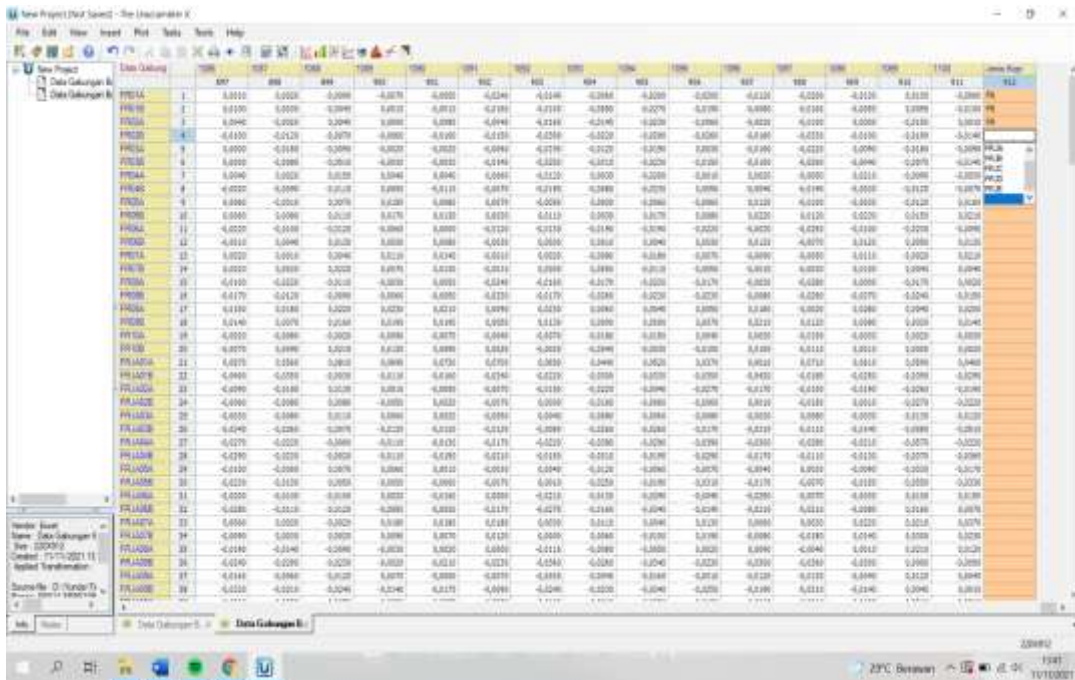


Gambar 26. Cara membuat kolom *category variable*.

Kemudian isi *Category Variable Name* dengan “Jenis Kopi” lalu pada *Category Name* diisi dengan nama sampel kopi yang digunakan (lihat gambar). Lalu pada kolom “Jenis Kopi” dan isi masing-masing baris sesuai dengan jenis kopinya seperti disajikan pada Gambar 27:

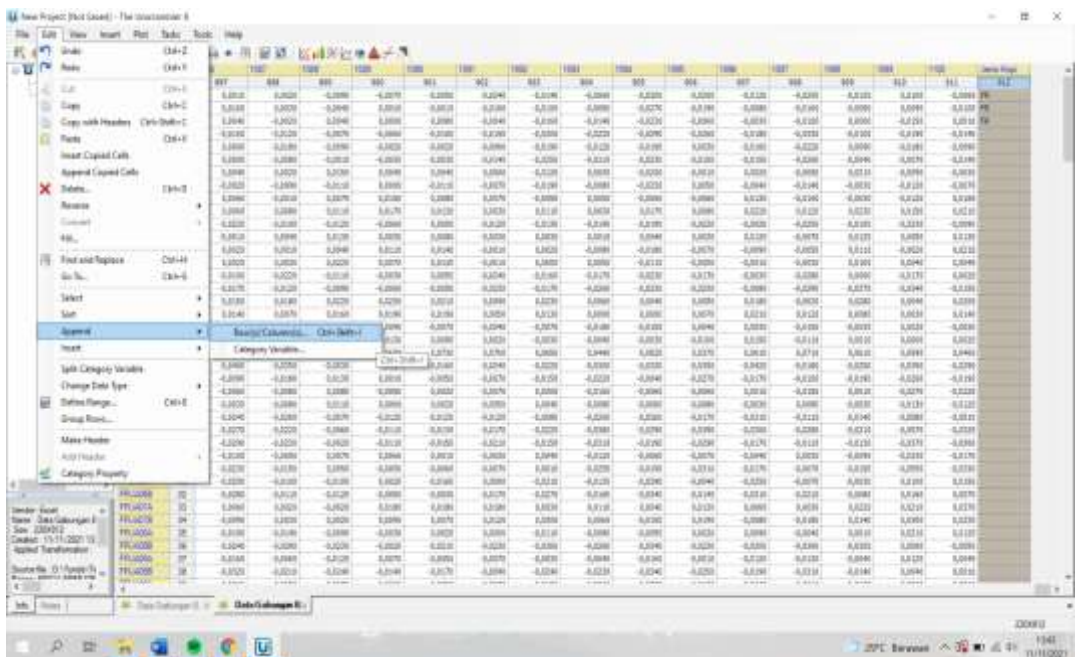


Gambar 27. Cara mengisi *category variable name* dan *category name*

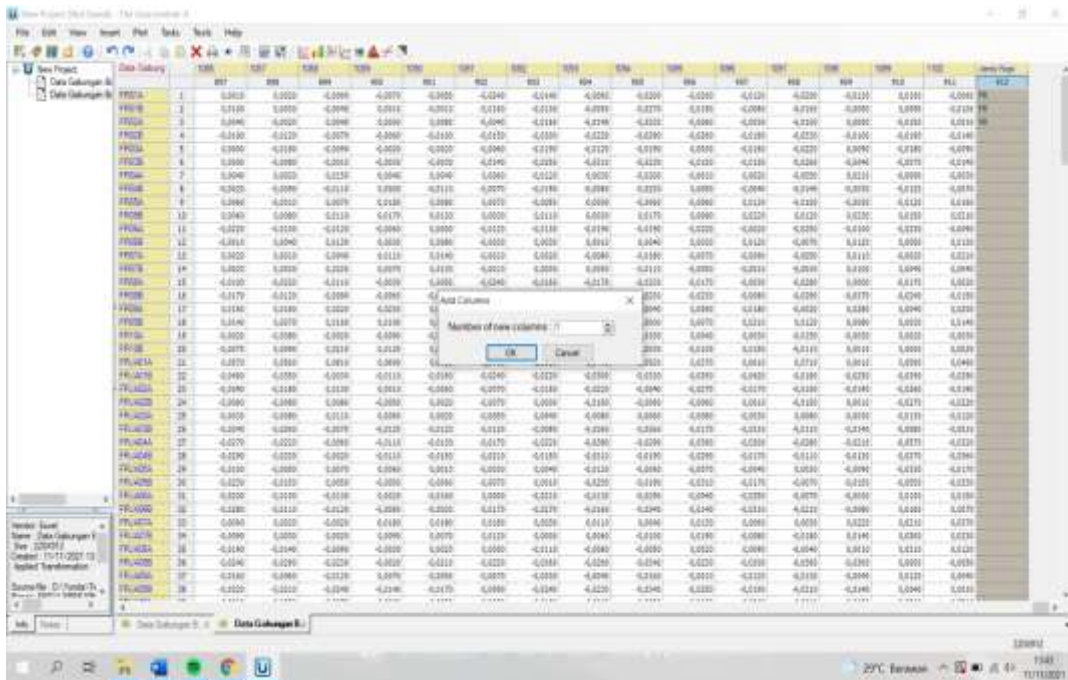


Gambar 28. Cara mengisi jenis-jenis kopi

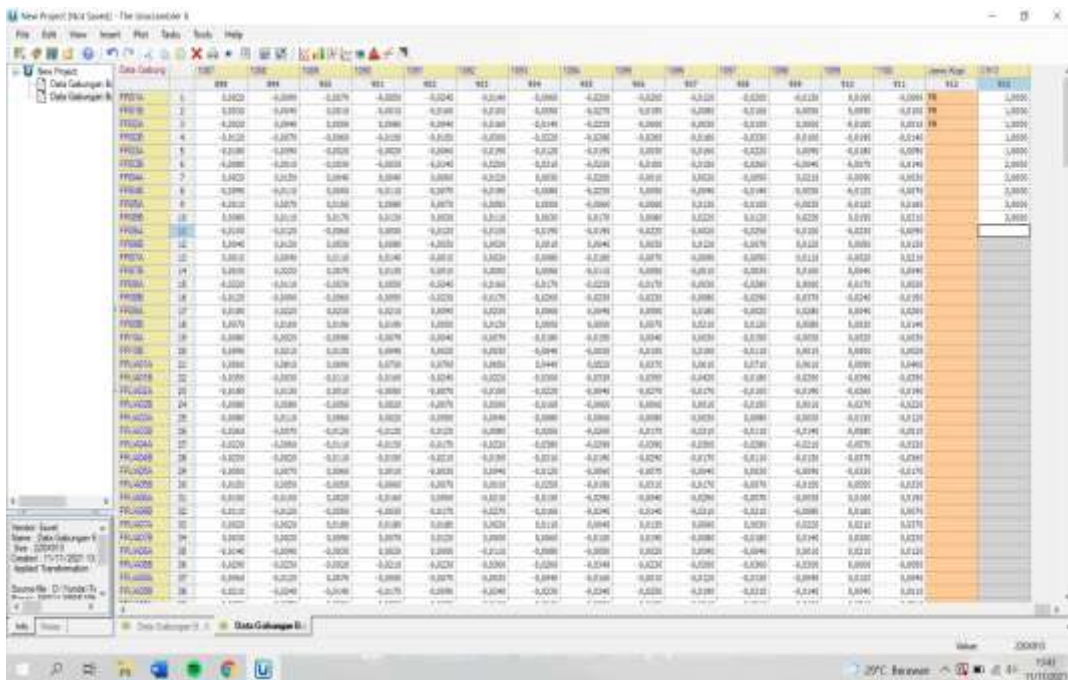
Tahapan selanjutnya yaitu membuat kolom KALVALPRED (Kalibrasi, Validasi dan Prediksi) dengan cara klik menu edit kemudian pilih Append lalu pilih Row(s) Column(s) selanjutnya isikan jumlah kolom yang diinginkan klik OK seperti pada Gambar dan . Setelah itu isi kolom dengan deret angka 1 1 1 1 1 2 2 2 3 3 seperti disajikan pada Gambar 29:



Gambar 29 Cara membuat kolom KALVALPRED



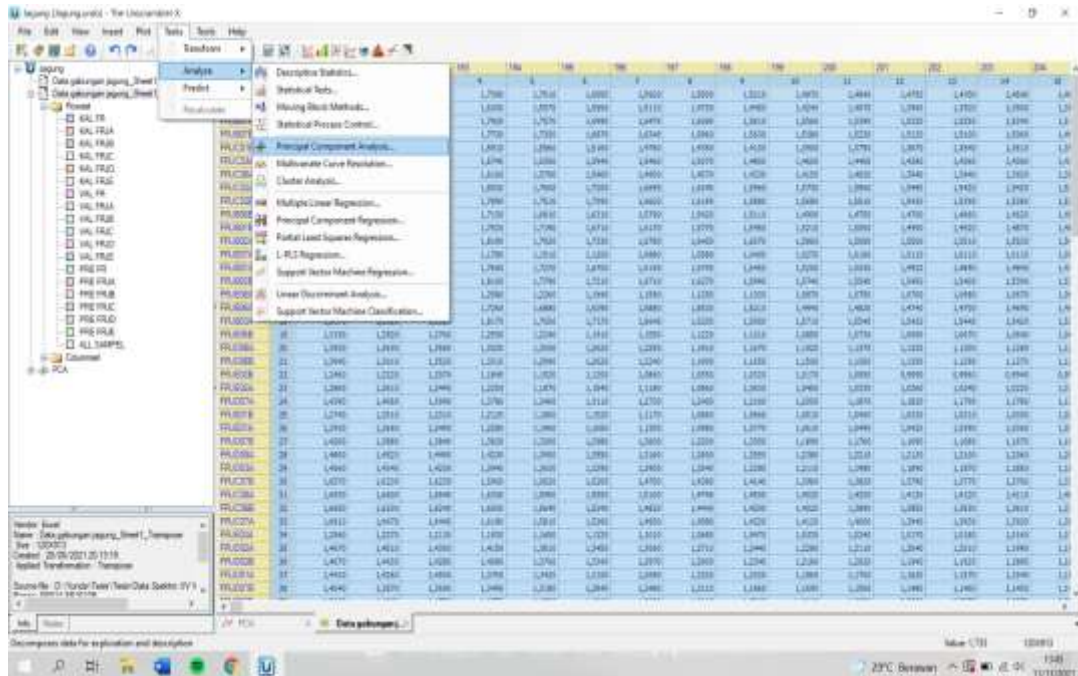
Gambar 30. Cara memberi nama kolom KALVALPRED



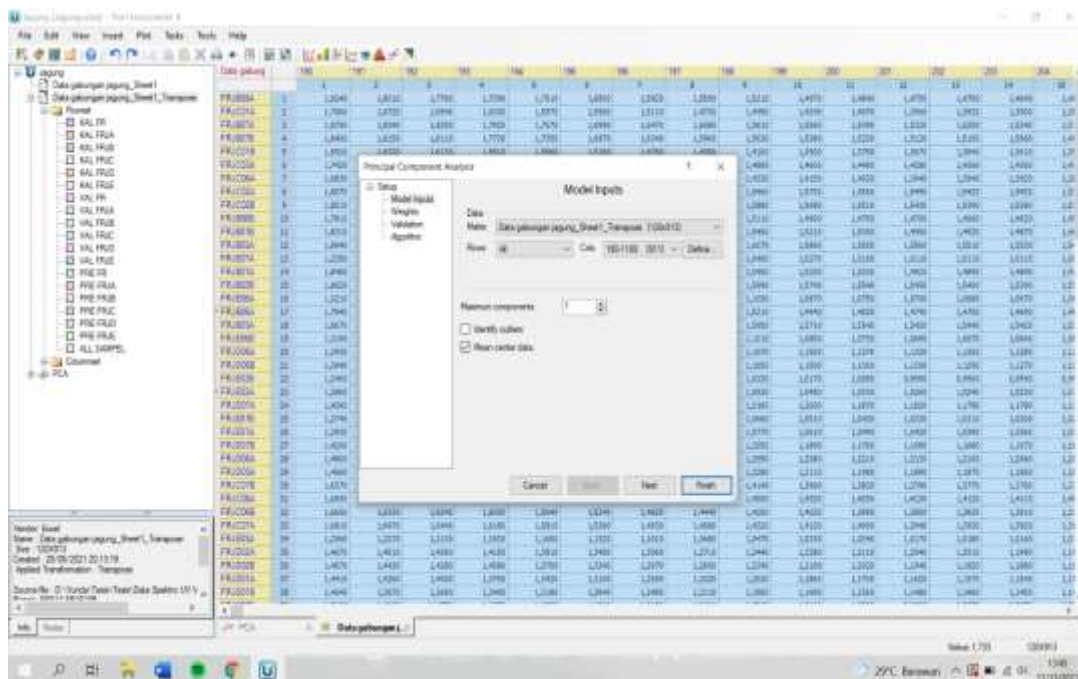
Gambar 31. Cara mengisi kolom KALVALPRED

Kemudian dilakukan analisis menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dengan cara pilih menu *Task* kemudian pilih *Analyze* lalu pilih *Principal Component Analysis* (PCA) seperti pada Gambar 32, lalu muncul

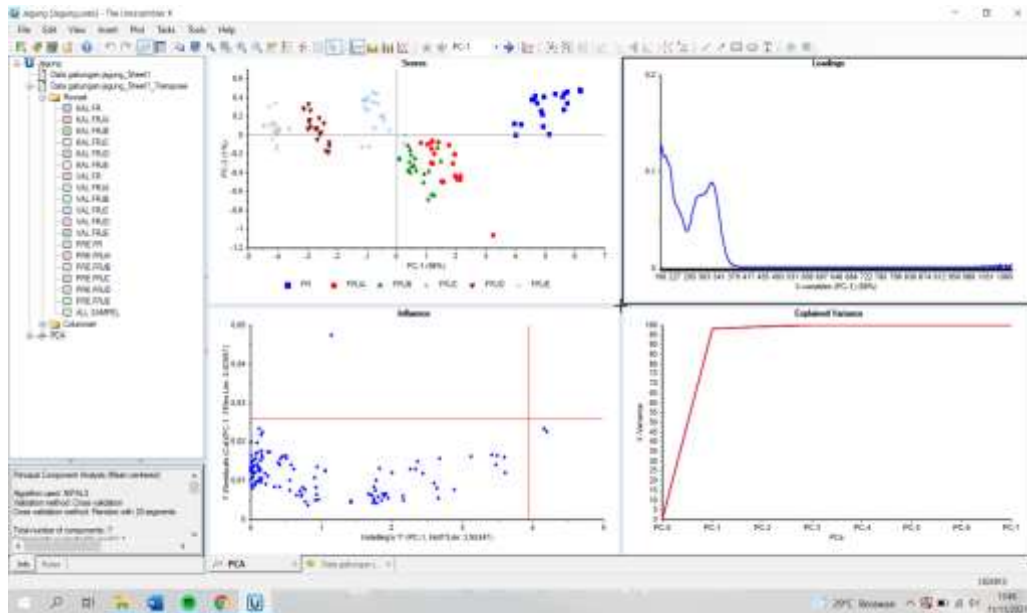
tampilan menu pada PCA, pada *Rows* pilih *All Samples* dan pada *Cols* pilih panjang gelombang 190-1100 nm seperti pada Gambar 33. Hasil dari perhitungan dengan metode *Principal Component Analysis* (PCA) disajikan pada Gambar 32:



Gambar 32. Menu perhitungan PCA pada *The Unscrambler* versi 10.4.



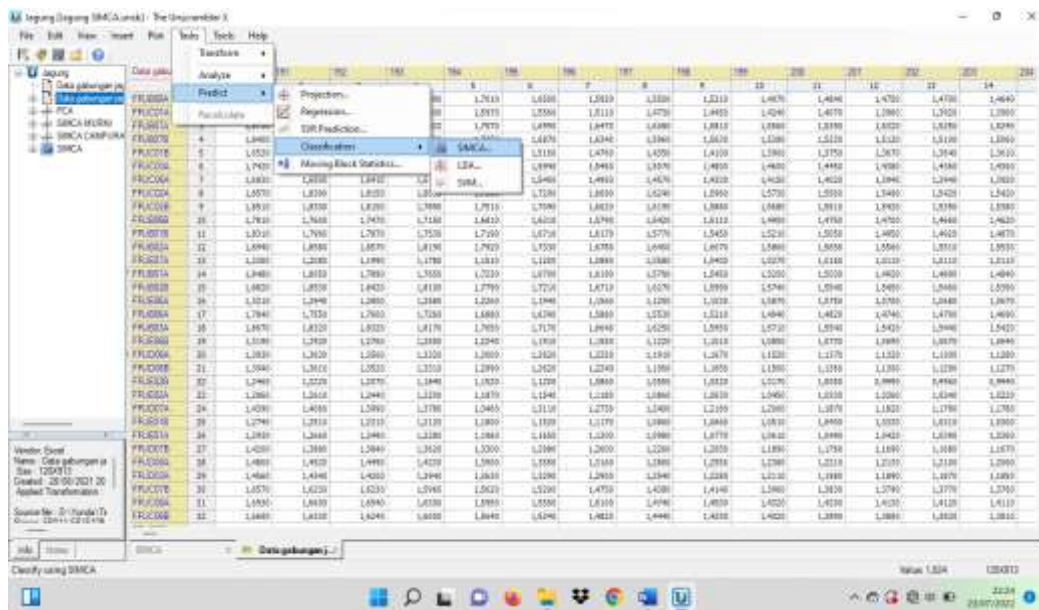
Gambar 33. Cara menginput *Principal Component Analysis*



Gambar 34. Tampilan menu pada PCA.

3.6. Membuat Model Menggunakan Analisis *Soft Independent Modelling of Class Analogy* (SIMCA)

Setelah tahapan PCA selesai maka selanjutnya adalah membuat model SIMCA. Tahapannya yaitu pada menu task pilih *Analyze* kemudian pilih *Principal Component Analysis* (PCA), pada kolom *rows* pilih kalibrasi set dan validasi set masing-masing jenis sampel dan pada kolom *cols* pilih Panjang gelombang 190-1100 nm klik *finish*. Setelah semuanya tersimpan pilih menu *task* pilih *predict* kemudian pilih *classification* lalu pilih SIMCA. Selanjutnya pada kolom *rows* diisi dengan prediksi set, kolom *cols* diisi Panjang gelombang 190-1100 nm, kolom *class model* diisi dengan sampel kalibrasi dan validasi seluruh jenis sampel dengan cara klik *add* lalu klik OK. Tampilan menu analisis SIMCA disajikan pada Gambar 35:



Gambar 35. Tampilan menu analisis SIMCA pada *the unscrambler* 10.4

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Metode UV-Vis spektroskopi dapat digunakan untuk membedakan kopi *fine* robusta asli dengan kopi *fine* robusta yang telah dicampur jagung atau beras.
2. Perbedaan kopi *fine* robusta asli dan campuran dapat dilihat dari nilai absorbans pada panjang gelombang 260-370 nm diduga dapat merepresentasikan kandungan trigonelin, kafein, dan asam kafeat berdasarkan grafik *x-loading* yang dihasilkan.
3. Model SIMCA yang telah dibangun dan diuji untuk hasil PCA original mendapatkan nilai *cumulative explained variance* sebesar 99%, untuk kopi *fine* robusta campuran jagung dan beras keseluruhan mendapatkan nilai sebesar 100%. Untuk perhitungan matriks konfusi sama-sama diperoleh nilai akurasi 100%, nilai sensitivitas 100%, nilai spesifisitas 100%, dan *error* 0%.
4. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk menjaga keaslian kopi *fine* robusta sebagai produk lokal Provinsi Lampung.

5.2. Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait bahan campuran, yaitu dengan menggunakan campuran dua bahan yang dijadikan satu sehingga dapat menghasilkan karakteristik kopi yang lebih beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Produk Kehutanan. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Biancolillo A dan F. Marini. 2018. Chapter Four- Chemometrics applied to plant spectral analysis. *Comprehensive Analytical Chemistry*. 80:69-104.
- Chapman J, A. Power, S. Chandra, J. Roberts, J and D. Cozzolino. 2018. Countering the “Fake News” of Food: The Role of Chemometrics With Vibrational Spectroscopy Techniques. Reference Module in Food Science. doi:10.1016/b978-0-08-100596-5.22373-1. Diakses pada 11 September 2020
- Cheah and Fang. 2020. HPLC-Based Chemometric Analysis for Coffee Adulteration. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32635493/>. Diakses pada 11 September 2020
- Citasari, D.2015. Penentuan Adulterasi Daging Babi pada Nugget Ayam Menggunakan NIR dan Kemometrik (Skripsi). Universitas Jember. Malang. 49 hlm.
- de Santana F.B, S.J. Mazivila, L.C. Gontijo, W.B. Neto and R.J. Poppi. 2018. Rapid discrimination between authentic and adulterated andiroba oil using FTIR-HATR spectroscopy and random forest. *Food Analytical Methods*. 11:1927-1935. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1142-5>. Diakses pada 11 September 2020
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2019. Statistik Perkebunan Indonesia. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Farhaty, N., dan Muchtaridi. 2016. Tinjauan Kimia Dan Aspek Farmakologi Senyawa Asam Klorogenat Pada Biji Kopi. *Jurnal Farmaka Suplemen*, 14(1).
- Flores-Valdez. 2020. Identification and Quantification of Adulterants in Coffee (*Coffea arabica* L.) Using FT-MIR Spectroscopy Coupled with Chemometrics. www.mdpi.com/journal/foods. Diakses pada 18 September 2020.
- Gorunescu F. 2011. Data Mining Concepts, Models and Techniques. Springer.
- Indrawanto, C., Kamawati, E., Munarso., Prastowo, S.J., Rubi jo, B., Siswanto. 2010. Budidaya dan Pascapanen Kopi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor.75 hlm.

- Kementerian Pertanian. 2017. Outlook Kopi 2017. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian.
- Kementerian Pertanian. 2019. Outlook Kopi 2019. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian.
- Kurniawati. 2018. Spektrofotometer. Malang. adelyadesi.lecture.ub.ac.id
- Lopes, DC., dan Neto, AJS. 2018. Chapter Five- Classification and authentication of plants by chemometric analysis of spectral data. *Comprehensive Analytical Chemistry*. 80: 105-125.
- Milani. 2020. Authentication of roasted and ground coffee samples containing multiple adulterants using NMR and a chemometric approach. *journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodcont*
- Nurchahyo, B. 2015. Identifikasi dan Autentikasi Meniran (*Phyllanthus niruri*) Menggunakan Spektrum Ultraviolet Tampak dan Kemometrika. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 41 hlm.
- Panggabean, E. 2011. Buku Pintar Kopi. Agromedia Pustaka, Jakarta. 240 Hlm.
- Rahardjo, P. 2012. Panduan Budi Daya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta. Trias QD, editor. Penerbar Swadaya. Jakarta.
- Souto, U.T.C.P., Barbosa, M.F., Dantas, H.V., Pontes, A.S., Lyra, W.S., Diniz, P.H.G.D., Araujo, M.C.U., & Silva, E.C. 2015. Identification of Aulteration in Ground Roasted Coffee Using UV-vis Spektroskopi and SPA-LDA. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2): 1037-1041.
- Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa, Y., and Kondo, N. 2017. Discrimination of peaberry coffee using uv-visible spectroscopy and simca method. *Agritech*. 37(4): 476. <https://doi.org/10.22146/agritech.12720-471>.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2019. Klasifikasi Kopi Bubuk Spesialti Kolosi dan Toraja Menggunakan UV-Visible Spectroscopy dan Metode PLS-DA. Bandar Lampung. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2019. Tutorial Analisis Data Spektra Menggunakan The Unscrambler. Graha Ilmu . Bandar Lampung.
- Suhartati, T. 2017. Dasar dasar spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung.

Skoog, Douglas A., Donald M. West., F. James Holler., and Stanley R. Crouch. 2013. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 9TH. Cengage Learning. (ebook) Part V. USA. hlm 722-760.

Yulia, M., Iriani, R., Suhandy, D., Waluyo, S., Sugianti, C. 2017. Studi Penggunaan UV-Vis Spectroscopy dan Kemometrika Untuk Mengidentifikasi Pemalsuan Kopi Arabika dan Robusta Secara Cepat. Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*-Vol. 6, No. 1:45-52.

User's Guide. 2016. Manual book Cary 100/300/4000/5000/6000i /7000 Spectrophotometers. Australia. Agilent Technologies.