

**STUDI PENGGUNAAN *UV-VIS SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA
UNTUK MEMBEDAKAN KOPI BUBUK BERDASARKAN UMUR
SIMPAN**

(Skripsi)

Oleh

KOMANG SUKARYE



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

STUDI PENGGUNAAN *UV-VIS SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA UNTUK MEMBEDAKAN KOPI BUBUK BERDASARKAN UMUR SIMPAN

Oleh

KOMANG SUKARYE

Selama penyimpanan kopi bubuk akan mengalami penurunan mutu yang disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan. Sehingga produk tersebut dapat ditolak oleh konsumen atau dapat membahayakan orang yang mengkonsumsinya. Pemalsuan atau pengoplosan pada kopi dapat dilakukan dengan mencampurkan kopi segar yang baru disangrai dengan kopi yang telah lama disimpan (*expired*). Pengoplosan atau pencampuran kopi sangat sulit diidentifikasi apabila kopi sudah dalam bentuk bubuk. Maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan mengidentifikasi perbedaan kopi segar dengan kopi *expired* menggunakan *UV-Vis Spectrometer* dan metode *soft independent modelling of class analogy* (SIMCA).

Komposisi bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1 gram dengan jumlah sampel sebanyak 100 sampel kopi segar dan 100 sampel kopi *expired*. Sampel kopi 1 gram diekstraksi menggunakan aquades sebanyak 50 ml dengan

suhu 90-98°C. Kemudian dilakukan pengenceran dengan perbandingan 1 ml sampel ekstraksi kopi dengan 20 ml aquades. Sampel yang sudah diencerkan, dimasukkan ke dalam kuvet sebanyak 2 ml dan diambil data absorbansinya dengan 2 kali pengulangan menggunakan *UV-Vis Spectrometer (UV-Vis Genesys 10s, Thermo Scientific, USA)* pada panjang gelombang 190 – 1100 nm.

Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa metode PCA dan SIMCA mampu membedakan kopi segar dan kopi *expired*. Hasil analisis PCA terbaik diperoleh untuk tipe spektra kombinasi *standard normal variate* (SNV) dan *moving average* 9 segmen pada panjang gelombang 190 – 1100 nm (panjang gelombang penuh). Pada pengembangan model spektra kombinasi *standard normal variate* (SNV) dan *moving average* 9 segmen menghasilkan nilai PC1 sebesar 99% dan PC2 sebesar 0%. Sedangkan untuk klasifikasi SIMCA diperoleh nilai akurasi (AC), nilai sensitivitas (S), dan nilai spesifisitas (SP) sebesar 100%.

Kata kunci : Kopi Bubuk, Diskriminasi, *UV-Vis Spectrometer*, *Principal Component Analysis* (PCA), *Soft Independent Modelling of Class Analogy* (SIMCA).

ABSTRACT

STUDY ON THE USE OF UV-VIS SPECTROSCOPY AND SIMCA METHOD TO DISCRIMINATE GROUND ROASTED COFFEE ACCORDING TO THE STORAGE TIME

During storage, ground roasted coffee will experience a quality degradation caused by environmental factors. Therefore, the product can be rejected by the consumer or can harm the person who consumes it. Counterfeiting or mixing coffee can be done by mixing fresh coffee that has just been roasted with coffee that has long been stored (expired). Coffee adulteration is very difficult to identify if the coffee beans have been roasted or already in powder form. Thus, this research was conducted to find out and identify the difference between the fresh coffee and expired one using UV-Vis Spectrometer and soft independent modeling of class analogy (SIMCA) method.

The composition of the materials used in this research was 1 gram for each samples with a total number of 100 samples of fresh coffee and 100 samples of expired coffee. 1 gram of coffee sample was extracted by using 50 ml of aquades with a temperature of 90 – 98 °C. Then it was diluted with 1 ml sample of coffee extraction samples with 20 ml of aquades. The 2 ml of diluted sample was pipeted into cuvet and the absorbance data were measured twice by using UV-Vis

Spectrometer (UV-Vis Genesys 10s, Thermo Scientific, USA) at wavelengths from 190 – 1100 nm.

Classification results show that PCA and SIMCA methods were able to discriminate fresh coffee and expired one. The best PCA analysis results were obtained for combination spectra type of standard normal variate (SNV) and 9-segment of moving average at wavelengths from 190 – 1100 nm (full wavelength). In the development of the combination spectra model of standard normal variate (SNV) and 9-segment of moving average, resulted in PC1 value of 99% and PC2 value of 0%. While, for SIMCA classification, 100% of accuracy (AC), sensitivity (S), and specificity (SP) were obtained.

Keywords: *Ground Roasted Coffee, Discrimination, UV-Vis Spectrometer, Principal Component Analysis (PCA), Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA).*

**STUDI PENGGUNAAN *UV-VIS SPECTROSCOPY* DAN METODE SIMCA
UNTUK MEMBEDAKAN KOPI BUBUK BERDASARKAN UMUR
SIMPAN**

Oleh

KOMANG SUKARYE

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi

: **STUDI PENGGUNAAN UV-VIS
SPECTROSCOPY DAN METODE SIMCA
UNTUK MEMBEDAKAN KOPI BUBUK
BERDASARKAN UMUR SIMPAN**

Nama Mahasiswa

: **Komang Sukarye**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1414071054

Jurusan

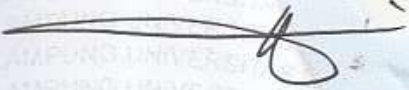
: Teknik Pertanian

Fakultas

: Pertanian

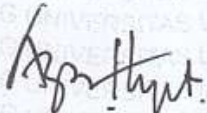
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr.
NIP 19780303 200112 1 001


Meinilwita Yulia, S.TP., M.Agr.Sc.
NIP 19790514 200812 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

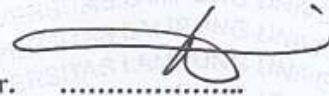

Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

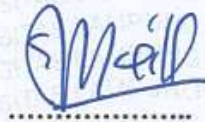
Ketua

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



Sekretaris

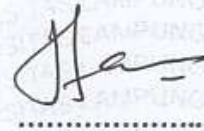
: Meinilwita Yulia, S.TP., M.Agr.Sc.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Ir. Tamrin, M.S.



Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Agustus 2018

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya bernama **Komang Sukarye** NPM **1414071054**, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr** dan 2) **Meinilwita Yulia, S.TP., M.Agr.Sc.** 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, 16 Agustus 2018
Yang membuat pernyataan



Komang Sukarye
NPM. 1414071054

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Mulyasari, Way Kanan pada tanggal 15 November 1995, sebagai anak ketiga dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Ketut Wentre dan Ibu Made Sayub. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Mulyasari pada tahun 2002 sampai dengan tahun 2008.

Penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 4 Negeri Agung pada tahun 2008 – 2011 dan sekolah menengah atas diselesaikan di SMAN 1 Bandar Lampung pada tahun 2011 – 2014.

Pada tahun 2014, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Aplikasi Komputer. Penulis aktif di organisasi Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) FP Unila dan Unit Kegiatan Mahasiswa Hindu (UKM-H) Unila.

Pada bulan Januari - Februari 2017 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Mojokerto, Kecamatan Padang Ratu, Kabupaten Lampung Tengah dengan tema **“Pemberdayaan Kampung Berbasis Informasi dan**

Teknologi". Pada bulan Juli - Agustus tahun 2017 penulis melaksanakan Praktik Umum di PT. Perkebunan Nusantara VIII Unit Kebun Rancabali Ciwidey Jawa Barat dengan judul **"Mempelajari Proses Penggilingan dan Oksidasi Enzimatis Teh Hitam CTC di PT. Perkebunan Nusantara VIII Unit Kebun Rancabali Bandung Jawa Barat"**.

Persembahan

Segala puji dan syukur kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa yang selalu menjadi pelindung dan penuntun dalam kehidupan ini.

Kupersembahkan karya ini kepada :

Kedua orangtuaku

Ayah (Ketut Wentre) dan Ibu (Made Sayub) yang selalu memberiku semangat, doa, nasihat, dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan untuk menjalani rintangan yang ada didepanku.

Kakak dan adikku

Gede Sujane, Kadek Sujaleni, dan Ketut Suarsane yang memberikan doa dan semangat untukku.

Dan terimakasih kepada yang terkasih Putu Refa Pande Sari atas segala doa, semangat, dan dorongan untukku.

Serta

Almamater Tercinta Universitas Lampung

Fakultas Pertanian

Jurusan Teknik Pertanian

Teknik Pertanian Angkatan 2014

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat dan lindungan-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Studi Penggunaan UV-Vis Spectroscopy dan Metode SIMCA Untuk Membedakan Kopi Bubuk Berdasarkan Umur Simpan”** sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya kuliah dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian.
3. Bapak Dr. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk bimbingan selama perkuliahan, memberikan banyak masukan, bimbingan, dan saran selama penelitian hingga penyusunan skripsi.
4. Ibu Meinilwita Yulia, S.TP., M.Agr.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak masukan, bimbingan, dan saran dalam proses penyusunan skripsi.

5. Bapak Dr. Ir. Tamrin, M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan masukan dan saran-sarannya.
6. Seluruh dosen di Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis berada dibangku kuliah.
7. Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan penelitian ini yang merupakan bagian dari penelitian yang didanai oleh Kemenristek Dikti melalui Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2018.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 16 Agustus 2018

Penulis

Komang Sukarye

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.3 Manfaat Penelitian.....	5
1.4 Hipotesis Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kopi (<i>Coffea sp</i>)	7
2.2 Komposisi Kimia Kopi.....	9
2.3 Kopi Robusta	11
2.4 Kesegaran Kopi	13
2.5 <i>UV-Vis Spectroscopy</i>	15
2.6 Metode Kemometrika	18
2.6.1 <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	19

2.6.2	<i>Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)</i>	20
2.6.3	Matriks Konfusi (<i>Confusion Matrix</i>)	20
2.6.4	<i>Pretreatment</i> Spektra	22
III.	METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1	Waktu dan Tempat.....	27
3.2	Alat dan Bahan	27
3.2.1	Alat	27
3.2.2	Bahan	28
3.3	Prosedur Penelitian	28
3.3.1	Persiapan Alat dan Bahan	29
3.3.2	Pengayakan	30
3.3.3	Penimbangan.....	31
3.3.4	Pembuatan Larutan	32
3.3.5	Pengadukan.....	33
3.3.6	Penyaringan	33
3.3.7	Pengenceran.....	34
3.3.8	Pengambilan Spektra Menggunakan Spektrofotometer	35
3.3.9	Membuat dan Menguji Model	37
3.4	Analisis Data	37
3.5	<i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	37
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1	Analisis Spektra Kopi Segar dan Kopi <i>Expired</i>	41
4.2	Hasil <i>Principal Component Analysis (PCA)</i> pada Spektra Original	44
4.3	Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)</i> pada Spektra Original.....	47
4.4	Klasifikasi pada Spektra Original.....	51
4.5	Analisis Perlakuan pada Spektra Kopi Segar dan Kopi <i>Expired</i>	57
4.6	Hasil <i>Principal Component Analysis (PCA)</i> pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 segmen.....	59
4.7	Model SIMCA pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen	63
4.8	Klasifikasi Model SIMCA pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen	65

V. KESIMPULAN.....	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bubuk Kopi (a) Segar dan (b) <i>Expired</i>	2
2. Biji Kopi Robusta.....	11
3. <i>UV-Vis Spectroscopy</i>	16
4. Prinsip Kerja <i>UV-Vis Spectroscopy</i>	18
5. Prosedur Penelitian.....	29
6. Proses Ekstraksi Kopi.	30
7. Penimbangan Sampel Kopi Sebanyak 1 gram.	31
8. Pencampuran Sampel Bubuk Kopi 1 gram dengan Akuades 50 ml pada Suhu 90 - 98°C.	32
9. Proses Pengadukan Sampel Menggunakan <i>Magnetic Stirrer</i>	33
10. Proses Penyaringan Sampel Menggunakan Kertas Saring.....	34
11. Hasil Pengenceran Sampel dengan Perbandingan 1 ml Sampel Kopi dan 20 ml Akuades.....	35
12. Prosedur Pengambilan Data Menggunakan <i>UV-Vis Spectroscopy</i>	36
13. Cara Mengimport Data dari <i>Ms. Excel</i> ke <i>The Unscrambler 9.2</i>	38
14. Cara Mentranspose Data pada <i>The Unscrambler 9.2</i>	39
15. Cara Membuat Kolom <i>Category Variable</i>	39
16. Menu Edit Set.....	40

17. Grafik Nilai Rata-Rata Spektra Original pada Panjang Gelombang 190 – 1100 nm.	42
18. Grafik Nilai Rata-Rata Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen pada Panjang Gelombang 190 – 1100 nm.....	43
19. Hasil Plot Diskriminasi PCA pada PC1 dan PC2 dari 400 Sampel.	45
20. Grafik <i>X-loadings</i> PC1 Hasil Diskriminasi PCA pada 400 Sampel.	46
21. Grafik <i>X-loading</i> PC2 Hasil Diskriminasi PCA pada 400 Sampel.	47
22. Model SIMCA Sampel Kopi Segar pada Spektra Original.	49
23. Model SIMCA Sampel Kopi <i>Expired</i> pada Spektra Original.	49
24. <i>Coomans Plot</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA pada Spektra Original.	56
25. Hasil Plot Diskriminasi PCA pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 segmen.	61
26. Grafik <i>X-loading</i> PC1 Hasil Diskriminasi PCA pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen.	62
27. Grafik <i>X-loading</i> PC2 Hasil Diskriminasi PCA pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen.	62
28. Model SIMCA Kopi Segar pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen.	63
29. Model SIMCA Kopi <i>Expired</i> pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen.	64
30. <i>Coomans Plot</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen.	69

LAMPIRAN

31. Pencampuran Sampel Bubuk Kopi dengan Akuades.	98
32. Proses Pengadukan Sampel Menggunakan <i>Magnetic Stirrer</i>	98
33. Proses Penyaringan Sampel Menggunakan Kertas Saring.....	99
34. Hasil Pengenceran Sampel dengan Perbandingan 1 ml Sampel Kopi dan 20 ml Akuades.....	99

35. <i>Coomans Plot</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA pada Spektra Original.	100
36. <i>Coomans Plot</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen.	100
37. Alat <i>UV-Vis Spectroscopy</i> Jenis <i>Geneysis</i> 10S <i>Uv-Vis</i> yang Digunakan dalam Penelitian.....	101
38. Grafik Hasil Absorbansi <i>UV-Vis Spectroscopy</i> pada Kopi Segar.....	101
39. Grafik Hasil Absorbansi <i>UV-Vis Spectroscopy</i> pada Kopi <i>Expired</i>	102

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Matriks Konfusi.	21
2. Komposisi Bahan.	31
3. Nilai PC Kopi Segar dan Kopi <i>Expired</i> pada Spektra Original	50
4. Hasil Klasifikasi Model SIMCA pada Spektra Original.....	52
5. Matriks Konfusi pada Spektra Original.	55
6. Hasil Kalibrasi Pengembangan Model.....	57
7. Nilai PC Kopi Segar dan Kopi <i>Expired</i> pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen.....	65
8. Hasil Klasifikasi Model SIMCA pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen.....	66
9. Matriks Konfusi pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen.	68

LAMPIRAN

10. Daftar Istilah.....	78
11. Hasil Diskriminasi PCA pada Spektra Original dalam Bentuk Angka (<i>Numeric</i>).....	80
12. Hasil Diskriminasi PCA pada Spektra Kombinasi SNV dan <i>Moving Average</i> 9 Segmen dalam Bentuk Angka (<i>Numeric</i>).....	89

I. PENDAHULUAN

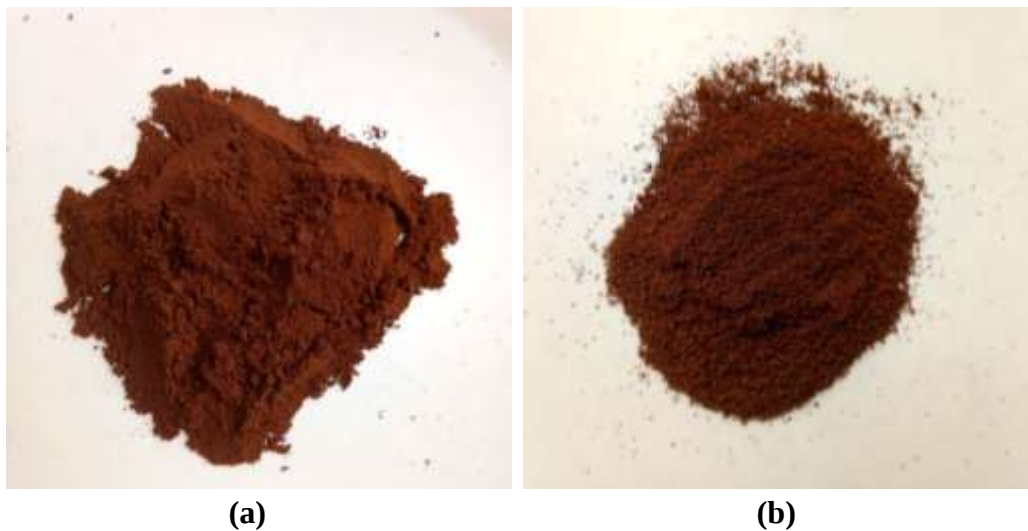
1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan komoditas unggulan nasional yang memiliki harga ekonomis tinggi dan memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia. Menurut Iriani (2016), produksi kopi merupakan penyokong perekonomian melalui basis produksi bahan-bahan mentah dan basis penyerapan tenaga kerja. Sumbangan pemasukan devisa dari ekspor produk kopi olahan mencapai USD 356,79 juta pada tahun 2015 atau meningkat 8 persen dibanding tahun sebelumnya dan menempatkan Indonesia sebagai produsen kopi terbesar keempat secara global, setelah Brazil, Vietnam, dan Kolombia (Kemenperin, 2016).

Kopi merupakan salah satu hasil pertanian yang disenangi banyak orang karena dapat diolah menjadi minuman yang memiliki aroma dan rasa yang nikmat, serta berpotensi sebagai obat-obatan dan penahan rasa kantuk (Panggabean, 2011).

Kopi jenis Arabika, Robusta, dan Liberika merupakan jenis kopi yang terdapat di Indonesia. Akan tetapi, kopi yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah jenis kopi Arabika dan Robusta (Prastowo *dkk*, 2010).

Selama penyimpanan kopi bubuk, terjadi penurunan mutu yang ditandai dengan kenaikan kadar air, penurunan kadar VRS (*Volatile Reducing Substances*), serta peningkatan nilai Ph. Faktor-faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, kandungan oksigen, dan cahaya dapat memicu beberapa reaksi yang dapat menyebabkan penurunan mutu produk tersebut. Sebagai konsekuensi dari mekanisme tersebut, produk pangan dapat ditolak oleh konsumen atau dapat membahayakan orang mengkonsumsinya (Nopitasari, 2010).



Gambar 1. Bubuk Kopi (a) Segar dan (b) *Expired* (Dokumen Pribadi, 2018)

Tingkat kesukaan konsumen terhadap produk dapat dipengaruhi beberapa faktor, seperti faktor demografi, atribut produk serta iklan (promosi). Selain itu sifat kimia biji kopi dan sifat organoleptik kopi bubuk juga sangat berpengaruh terhadap penerimaan kopi bubuk itu sendiri. Sifat organoleptik yang menentukan pada kopi bubuk meliputi warna, rasa, dan aroma. Warna pada kopi bubuk dihasilkan dari proses pengolahan dan tergantung pula kualitas bahan baku.

Warna dari kopi bubuk diperoleh dari reaksi kimia dan fisika pada proses perendangan biji kopi dari warna abu-abu menjadi coklat muda, coklat kayu manis dan kemudian berubah kembali menjadi hitam dengan permukaan berminyak (Darmawanto, 2012). Pada Gambar 1 dapat dilihat bubuk kopi segar dan bubuk kopi *expired* memiliki warna yang sama.

Pemalsuan atau pengoplosan pada kopi dapat dilakukan dengan mencampurkan kopi segar yang baru disangrai dengan kopi yang telah lama disimpan (*expired*). Pengoplosan atau pencampuran kopi sangat sulit diidentifikasi apabila kopi sudah dalam bentuk bubuk. Saat ini, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menguji jenis suatu produk pertanian khususnya kopi, yaitu dengan metode *human sensori* yang dilakukan oleh manusia menggunakan indera. Yaitu dengan menggunakan mata, hidung, mulut, dan tangan. Namun, metode ini memiliki banyak kekurangan karena manusia dipengaruhi kondisi fisik dan keterbatasan akibat beberapa sifat indrawi yang tidak dapat dideskripsikan. Metode lain yang digunakan yaitu *image processing* metode ini biasanya digunakan untuk kopi yang masih berupa biji yang belum disangrai. Kopi yang sudah disangrai umumnya memiliki warna yang relatif sama, begitupun dengan biji kopi yang sudah berbentuk bubuk yang warnanya sama akan sulit untuk diidentifikasi menggunakan *image processing* (Handayani, 2016). Selanjutnya adalah metode NIR, kelemahan metode ini yaitu peralatan yang digunakan sangat mahal dan orang yang menggunakan harus memiliki keahlian khusus agar tidak terjadi kesalahan dalam pengumpulan data. Untuk mengatasi kelemahan ini, akan diterapkan teknik cepat dalam mengidentifikasi perbedaan jenis kopi

menggunakan *UV-Vis spectroscopy* untuk meningkatkan pengetahuan dan kepercayaan konsumen terhadap produk tersebut (Apratiwi, 2016).

Saat ini, sudah banyak peneliti yang menggunakan alat *UV-Vis spectroscopy* untuk mengidentifikasi perbedaan maupun pemalsuan kopi. Seperti: Souto *et al* (2015) telah membuktikan kemampuan alat *UV-Vis spectroscopy* untuk membedakan kopi asli yang dioplos dengan bahan bukan kopi (dahan dan kulit kopi); Iriani (2016) telah berhasil membuktikan perbedaan kopi luwak yang dicampur kopi arabika dengan kopi luwak asli; Apratiwi (2016) telah berhasil mengidentifikasi campuran kopi luwak dengan kopi arabika; Handayani (2016) telah berhasil membedakan kopi luwak asli dan kopi campuran luwak-robusta secara cepat; Yulia dan Suhandy (2017) telah berhasil membedakan kopi luwak dengan kopi non-luwak; Yulia *et al* (2018) telah berhasil membedakan kopi bubuk dekafeinisasi dengan kopi bubuk non-dekafeinisasi; Suhandy dan Yulia (2018) telah berhasil membedakan kopi arabika *gayo wine* dengan kopi arabika *gayo* biasa (bukan *wine*); serta Yulia dan Suhandy (2018) telah berhasil membedakan kopi bubuk robusta segar dengan kopi bubuk robusta *expired* dengan metode SIMCA pada panjang gelombang 230-400 nm. Kelebihan *UV-Vis spectroscopy* adalah proses ekstraksinya sangat murah, karena hanya melibatkan pelarut air sehingga bebas bahan kimia, akurat, dan merupakan alat yang mudah ditemukan di beberapa laboratorium mutu hasil pertanian dan pangan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Membangun model untuk mengetahui dan mengidentifikasi perbedaan kopi bubuk segar dengan kopi bubuk *expired*.
2. Menguji model untuk proses identifikasi kopi bubuk segar dengan kopi bubuk *expired*.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang kepastian perbedaan kopi segar dengan kopi *expired*.
2. Memberikan kepuasan konsumen atas kesegaran kopi.
3. Untuk kalangan akademik dapat digunakan sebagai bahan referensi tentang penelitian identifikasi kesegaran kopi.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian yaitu teknologi *UV-Vis Spectroscopy* dapat membedakan kualitas kopi bubuk segar dengan kopi bubuk *expired* berdasarkan kandungan spektranya menggunakan metode SIMCA (*Soft Independent Modelling of Class Analogy*).

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu proses diskriminasi hanya dilakukan pada bubuk kopi robusta Lampung yang masih segar (*fresh*) dan sudah lama disimpan (*expired*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi (*Coffea sp*)

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

Kingdom : *Plantae*

Subkingdom : *Tracheobionta*

Super Divisi : *Spermatophyta*

Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Sub Kelas : *Asteridae*

Ordo : *Rubiales*

Famili : *Rubiaceae*

Genus : *Coffea*

Spesies : *Coffea sp.* [*Coffea arabica* L., *Coffea canephora*, *Coffea liberica*,
Coffea excelsa]

Menurut AAK (1988), tanaman kopi merupakan tanaman semak belukar yang berkeping dua (dikotil), sehingga memiliki perakaran tunggang. Perakaran ini

hanya dimiliki jika tanaman kopi berasal dari bibit semai atau bibit sambung (okulasi) yang batang bawahnya berasal dari bibit semai. Sebaliknya, tanaman kopi yang berasal dari bibit stek, cangkok atau okulasi yang batang bawahnya berasal dari bibit setek tidak memiliki akar tunggang, sehingga relatif mudah rebah. Menurut Panggabean (2011), tanaman kopi memiliki lima jenis cabang yaitu cabang primer, sekunder, reproduktif, cabang balik, dan cabang kipas. Daun tanaman kopi hampir memiliki perwatakan yang sama dengan tanaman kakao yang lebar dan tipis, sehingga dalam budidayanya memerlukan tanaman naungan. Bagian pinggir daun kopi bergelombang dan tumbuh pada cabang, batang, serta ranting.

Tanaman kopi merupakan tanaman perkebunan yang berasal dari Benua Afrika, tepatnya dari negara Ethiopia pada abad ke-9. Suku Ethiopia memasukan biji kopi sebagai makanan mereka yang dikombinasikan dengan makanan-makanan pokok lainnya, seperti daging dan ikan. Tanaman ini mulai diperkenalkan di dunia pada abad ke-17 di India. Selanjutnya, tanaman kopi menyebar ke Benua Eropa oleh seorang yang berkebangsaan Belanda dan terus dilanjutkan ke negara lain termasuk ke wilayah jajahannya yaitu Indonesia (Panggabean dalam Anshori, 2014).

Kopi (*Coffea sp*) merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara dan juga merupakan sumber penghasilan dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia (Rahardjo,

2012). Perkembangan produksi kopi di Indonesia telah mencapai 600.000 ton per tahun dan lebih dari 80% berasal dari perkebunan rakyat. Devisa yang diperoleh dari ekspor kopi dapat mencapai $\pm$ US \$ 882,06 juta pada tahun 2009 dengan volume ekspor kopi secara keseluruhan sebesar 518,12 juta ton (Pahlevi, 2014).

Biji kopi yang siap diperdagangkan adalah biji kopi yang sudah dikeringkan, kadar airnya berkisar antara 12-13%. Permukaan bijinya sudah bersih dari lapisan kulit tanduk dan kulit ari. Biji kopi demikian sering disebut sebagai biji kopi beras. Buah kopi hasil panen, seperti halnya produk pertanian yang lain, perlu segera diolah menjadi bentuk akhir yang stabil agar aman untuk disimpan dalam jangka waktu tertentu. Kriteria mutu biji kopi yang meliputi aspek fisik, citarasa, dan kebersihan serta aspek keseragaman dan konsistensi sangat ditentukan oleh perlakuan pada setiap tahapan proses produksinya (Mulato *et al.*, 2005).

2.2 Komposisi Kimia Kopi

Komposisi kimia dari biji kopi hijau berbeda-beda tergantung kepada tanah tempat tumbuh, jenis kopi, derajat kematangan, cara pengolahan, dan kondisi penyimpanan. Secara alamiah biji kopi mengandung lebih dari 500 senyawa kimia, tetapi hanya dua senyawa utama yang membuat kopi memiliki citarasa dan aroma yang disukai masyarakat. Dua senyawa tersebut adalah kafein yang berpengaruh terhadap rangsangan metabolisme tubuh, dan kafeol yang menghasilkan aroma yang khas dari kopi (Almada, 2009).

Kafein mempunyai rasa pahit, berwarna putih, dan merupakan senyawa alkaloid yang berguna dalam bidang obat-obatan sebagai bahan aditif. Kafein sangat penting dalam aspek psikologis peminum kopi dan merupakan faktor penting pemberi rasa pahit. Semakin kecil kandungan kafein dalam biji kopi, semakin enak rasa kopi yang dihasilkan. Kadar kafein pada biji kopi robusta (1,5-2,6%) lebih besar dari biji kopi arabika (0,9-1,4%) sehingga kandungan kafein pada kopi robusta lebih berpotensi menimbulkan efek negatif dalam tubuh terutama bagi individu yang mempunyai toleransi rendah terhadap kafein dan pecandu kopi dengan tingkat konsumsi tinggi (Nopitasari, 2010).

Asam klorogenat merupakan ester yang dibentuk dari asam trans-sinamat (misalnya kafeat, ferulat dan p-kumarat) dan asam kuintat yang mempunyai gugus hidroksil pada posisi aksial pada karbon 1 dan 3 dan hidroksil equatorial pada karbon 4 dan 5. Asam klorogenat memiliki sifat larut dalam air panas, alkohol, aseton, dan sedikit larut pada air dengan suhu 25 °C. Biji kopi merupakan salah satu sumber asam klorogenat terbesar pada makanan, seperti pada biji kopi yang tidak disangrai mengandung asam klorogenat sebesar 6-12% (Pertiwi, 2015).

Asam klorogenat merupakan senyawa penting yang mempengaruhi pembentukan rasa, bau, dan flavor pada saat pemanggangan kopi (Kristiyanto *et al*, 2013).

Protein dan asam amino bebas tidak terlalu diperhitungkan. Perbedaan kandungan antara jenis yang berbeda hanya sedikit, yaitu jenis arabika 9,2% basis kering dan jenis robusta 9,5% basis kering. Asam amino bebas memberikan arti tertentu dalam kualitas organoleptik pada hasil olahan terakhir. Karbohidrat terdapat pada

biji kopi sebagai gula bebas dan polisakarida. Sukrosa merupakan gula bebas utama dengan jumlah bervariasi tergantung kepada cara penanaman, tingkat kematangan, proses pengolahan dan kondisi penyimpanan. Kandungan karbohidrat pada arabika adalah sekitar 6-8,3% basis kering dan robusta 3,1-4,1%. Selain sukrosa juga terdapat gula-gula tereduksi dalam jumlah kecil. Total kandungan reduksi gula pada arabika 0,1% basis kering dan 0,5% pada robusta. Kandungan dan sifat gula dalam biji kopi sangat penting dalam pembentukan flavor dan warna saat penyangraian. Kandungan polisakarida di dalam gula 40-50% dari berat kering (Nopitasari, 2010).

2.3 Kopi Robusta



Gambar 2. Biji Kopi Robusta (Dokumen Pribadi, 2018).

Kopi jenis robusta merupakan kopi yang paling akhir dikembangkan oleh pemerintahan Belanda di Indonesia. Kopi ini lebih tahan terhadap cendawan *Hemileia vastatrix* dan memiliki produksi yang tinggi dibandingkan kopi liberika.

Akan tetapi, citarasa yang dimilikinya tidak sebaik dari kopi jenis arabika, sehingga dalam pasar Internasional kopi jenis ini memiliki indeks harga yang rendah dibandingkan kopi jenis arabika. Kopi ini dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian diatas 600 sampai 700 mdpl (Indrawanto *et al*, 2010). Selain itu, kopi ini sangat memerlukan tiga bulan kering berturut-turut yang kemudian diikuti curah hujan yang cukup. Masa kering ini diperlukan untuk pembentukan primordia bunga, florasi, dan penyerbukan. Temperatur rata-rata yang diperlukan tanaman kopi robusta berkisar 20°C – 24°C (AAK 1988).

Kopi robusta adalah salah satu jenis kopi yang banyak dibudidayakan di Indonesia, hampir diseluruh wilayah indonesia memiliki kopi jenis ini. Kopi robusta memiliki tekstur yang lebih kasar dibandingkan kopi jenis lainnya, aromanya lebih pekat, kadar kafein akan cenderung meningkat ketika elevasi tempat tumbuh kopi robusta semakin tinggi (Towaha dkk, 2014).

Lampung merupakan salah satu daerah segitiga emas penghasil kopi robusta di Indonesia. Daerah penghasil kopi robusta di Lampung yang terbanyak di Kabupaten Lampung Barat terletak pada ketinggian di atas 400 mdpl, bertipe iklim basah dengan pola sebaran hujan merata sepanjang tahun (Setiyono dan Udarno, 2014).

Biji kopi robusta juga memiliki karakteristik yang membedakan dengan biji kopi lainnya. Secara umum, biji kopi robusta memiliki rendemen yang lebih tinggi dibandingkan kopi arabika. Selain itu, karakteristik yang menonjol yaitu bijinya yang agak bulat, lengkungan bijinya yang lebih tebal dibandingkan kopi arabika.

Kadar kafein pada biji kopi robusta (1,5-2,6%) lebih besar dari biji kopi arabika (0,9-1,4%) sehingga kandungan kafein pada kopi robusta lebih berpotensi menimbulkan efek negatif dalam tubuh terutama bagi individu yang mempunyai toleransi rendah terhadap kafein dan pecandu kopi dengan tingkat konsumsi tinggi (Nopitasari, 2010).

2.4 Kesegaran Kopi

Kesegaran (*food freshness*) merupakan salah satu bagian dari kualitas produk pada bidang *food and beverage*. Apabila kualitas makanan yang diberikan bagus akan menguntungkan kedua belah pihak, bagi pihak penjual akan mendapatkan citra yang baik dan keuntungan dalam bisnisnya, sedangkan bagi pelanggan akan mendapatkan kepuasan yang diharapkan. Kesegaran makanan biasanya diartikan sebagai pernyataan segar dari makanan yang dihubungkan dengan tekstur, rasa, dan aroma dari makanan (Qin *et al.*, 2009). Kesegaran makanan memiliki korelasi atau hubungan yang kuat terhadap kepuasan konsumen. Semakin baik kesegaran makanan yang disajikan, maka akan semakin tinggi kepuasan yang dirasakan konsumen (Wijaya, 2017).

Salah satu faktor yang mempengaruhi kesegaran kopi yaitu kadar air yang terkandung dalam produk kopi tersebut. Kadar air yang diharapkan dari produk yang akan dihasilkan adalah kadar air yang terendah. Semakin rendah kadar air maka penyerapan uap air dari udara akan semakin lama. Hal ini akan menjaga ketahanan bahan dari kerusakan oleh mikroorganisme selama penyimpanan.

Peningkatan kadar air kopi bubuk dapat terjadi karena adanya penyerapan uap air dari udara sehingga kadar air kopi bubuk menjadi lebih tinggi. Penyerapan uap air ini dapat terjadi karena sifat produk kopi bubuk yang higroskopis sehingga cenderung mengadsorpsi uap air dari udara. Kadar air yang terus bertambah dapat menyebabkan kerusakan pada produk yang ditandai dengan penggumpalan produk (Nopitasari, 2010).

Biji kopi (*green bean coffee*), kopi sangrai (*roasted coffee*), dan kopi bubuk (*ground roasted coffee*) memiliki sifat fisik dan sifat kimia yang berbeda. Berdasarkan pada sifat fisik dan kimianya, produk kopi memiliki reaksi dan kepekaan yang berbeda terhadap lingkungan. Sehingga penurunan kualitas maupun umur simpan beberapa produk tersebut berbeda. Hal ini juga diketahui bahwa produk kopi kehilangan sifat sensorik khasnya selama penyimpanan. Penurunan kualitas kesegaran dari kopi sangrai dan kopi bubuk yang disimpan pada suhu ruang dalam kaleng logam maupun kemasan fleksibel laminasi sangat pendek, yakni sekitar 1 bulan (Nicoli *et al.*, 2009).

Sedangkan untuk umur simpan produk kopi bubuk yang akan mengalami penurunan mutu dan tidak akan diterima oleh konsumen pada beberapa suhu penyimpanan dan beberapa kemasan adalah sebagai berikut: Penyimpanan dengan kemasan kertas kraft pada suhu 30°C yakni selama 3 bulan 27 hari, pada suhu 35°C yakni selama 2 bulan 6 hari, dan pada suhu 45°C yakni selama 1 bulan 9 hari. Kemudian penyimpanan dengan kemasan plastik PP pada suhu 30°C yakni

13 bulan 27 hari, pada suhu 35°C yakni 10 bulan 27 hari, dan pada suhu 45°C yakni 8 bulan 15 hari (Nopitasari, 2010).

Meskipun umumnya diakui sebagai produk yang tahan lama, kopi sangrai mengalami perubahan sifat fisik dan sifat kimia yang sangat mempengaruhi kualitas dan akseptabilitas dari minuman kopi. Perubahan sifat fisik dan kimia yang paling penting yang terlibat dalam penurunan mutu kopi sangrai selama penyimpanan yakni penguapan karbon dioksida (CO₂) yang tidak stabil, perpindahan minyak ke permukaan, dan reaksi oksidasi pada kopi tersebut. Tanda – tanda dari reaksi oksidasi yakni kehilangan senyawa volatil dalam kopi yang menjadi salah satu indikator kesegaran dalam kopi tersebut (Nicoli *et al.*, 2009).

2.5 *UV-Vis Spectroscopy*

Spektrofotometer UV-Vis adalah salah satu alat ukur untuk analisa unsur-unsur berkadar rendah secara kuantitatif maupun secara kualitatif. Penentuan secara kualitatif berdasarkan puncak-puncak yang dihasilkan pada spektrum suatu unsur tertentu pada panjang gelombang tertentu, sedangkan penentuan secara kuantitatif berdasarkan nilai absorbansi yang dihasilkan dari spektrum senyawa kompleks unsur yang dianalisa dengan pengompleks yang sesuai. Pembentukan warna dilakukan dengan cara menambahkan bahan pengompleks yang selektif terhadap unsur yang ditentukan (Noviarty dan Angraini, 2013).



Gambar 3. *UV-Vis Spectroscopy*.

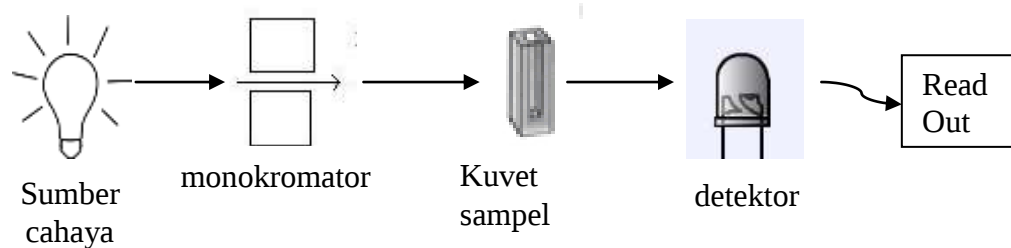
Gambar 3 merupakan gambar dari *UV-Vis Spectroscopy* yang digunakan dalam penelitian ini. *Spektrofotometri* merupakan metode analisis yang didasarkan pada besarnya nilai absorpsi suatu zat terhadap radiasi sinar elektromagnetik. Prinsip kerja spektrofotometri adalah dengan menggunakan spektrofotometer yang pada umumnya terdiri dari unsur-unsur seperti sumber cahaya, monokromator, sel untuk tempat zat yang diperiksa, dektektor, penguat arus, dan alat pencatat. Analisa kualitatif dengan metode spektrofotometri UV-Vis hanya dipakai untuk data sekunder atau data pendukung. Pada analisa kualitatif dengan metode kualitatif dengan metode spektrofotometri UV-Vis yang dapat ditentukan ada dua yaitu : pemeriksaa kemurnian spektrum UV-Vis dan penentuan panjang gelombang maksimum. Analisa kuantitatif dengan metode spektrofotometri UV-Vis dapat digolongkan atas tiga macam pelaksanaan pekerjaan yaitu : analisa kuantitatif zat tunggal, analisa kuantitatif campuran dua macam zat (analisi dua komponen), dan analisa kuantitatif campuran tiga macam zat atau lebih (analisis multi komponen) (Fatoni, 2005).

Spektrofotometri serap merupakan pengukuran interaksi antara radiasi elektromagnetik panjang gelombang tertentu yang sempit dan mendekati monokromatik, dengan molekul atau atom dari suatu zat kimia. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa molekul selalu mengabsorpsi cahaya elektromagnetik jika frekuensi cahaya tersebut sama dengan frekuensi getaran dari molekul tersebut. Elektron yang terikat dan elektron yang tidak terikat akan tereksitasi pada suatu daerah frekuensi, yang sesuai dengan cahaya ultraviolet dan cahaya tampak (UV-Vis). Spektrum absorpsi daerah ini adalah sekitar 220 nm sampai 800 nm dan dinyatakan sebagai spektrum elektron. Suatu spektrum ultraviolet meliputi daerah bagian ultraviolet (190-380 nm), spektrum Vis (Vis = Visible) bagian sinar tampak (380-780 nm) (Henry *et al.*, 2002).

Penyerapan sinar tampak dan ultraviolet oleh suatu molekul akan menghasilkan transisi di antara tingkat energi elektronik molekul tersebut. Transisi tersebut pada umumnya antara orbital ikatan atau orbital pasangan bebas serta orbital bukan ikatan atau orbital anti ikatan (Sudjadi, 1983). Prinsip kerja spektroskopi UV-Vis menggunakan cahaya sebagai tenaga yang mempengaruhi substansi senyawa yang menimbulkan cahaya. Prinsip kerja dari *UV-Vis Spectroscopy* dapat dilihat pada Gambar 4. Cahaya yang digunakan merupakan foton yang bergetar dan menjalar secara lurus dan merupakan tenaga listrik dan magnet yang keduanya saling tegak lurus. Cara kerja alat ini yaitu:

- a. Sinar dari sumber cahaya diteruskan menuju monokromator.

- b. Cahaya dari monokromotor diarahkan terpisah melalui sampel dengan sebuah cermin berotasi.
- c. Detektor menerima cahaya dari sampel secara bergantian dan berulang, dan memproses sinyal listrik yang datang.
- d. Setelah diproses hasil yang didapat diolah dengan program yang telah dipersiapkan.



Gambar 4. Prinsip Kerja *UV-Vis Spectroscopy* (Handayani, 2016).

2.6 Metode Kemometrika

Metode kemometrika adalah multi disiplin ilmu yang melibatkan statistik multivariat pemodelan matematika dan informasi teknologi, khususnya diterapkan pada data kimia. Analisis multivariat adalah cara untuk meringkas data variabel dengan menciptakan variabel baru yang mengandung sebagian besar informasi. Variabel-variabel baru kemudian digunakan untuk pemecahan masalah dan tampilan yaitu klasifikasi hubungan dan mengontrol grafik. PCA (*principal component analysis*) adalah sebuah transformasi linier yang biasa digunakan pada kompresi data. PCA juga merupakan teknik yang umum digunakan untuk menarik fitur-fitur dari data pada sebuah skala berdimensi tinggi. PCA memproyeksikan

data ke dalam *subspace*. Teknik PCA dapat mengurangi dimensi dari data tanpa menghilangkan informasi penting dari data tersebut (Roggo *et al.*, 2007).

2.6.1 *Principal Component Analysis (PCA)*

Principal Component Analysis (PCA) merupakan suatu teknik untuk mengurangi jumlah peubah dalam suatu matrik data. Prinsip PCA yaitu mencari komponen utama yang merupakan kombinasi linier dari peubah asli. Penggunaan PCA pada umumnya untuk mengaplikasikan sampel menjadi grup yang umum, mendeteksi adanya pencilan (*outliers*), melakukan pemodelan data, serta menyeleksi peubah untuk klasifikasi maupun untuk pemodelan komponen-komponen utama ini dipilih demikian rupa sehingga komponen utama memiliki variasi terbesar dalam set data, sedangkan komponen utama yang kedua tegak lurus terhadap komponen utama pertama dan memiliki variasi terbesar. Kedua komponen utama ini pada umumnya digunakan sebagai bidang proyeksi utama pemeriksaan visual data multivariat (Miller dan Miller, 2000).

PCA adalah suatu teknik yang digunakan untuk menyederhanakan suatu data, dengan cara mentransformasi linear sehingga terbentuk sistem koordinat baru dengan variansi maksimum. PCA dapat digunakan untuk mereduksi dimensi suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan. Metode ini mengubah dari sebagian besar variabel asli yang saling berkorelasi menjadi satu himpunan variable baru yang lebih kecil dan saling bebas (tidak berkorelasi lagi) (Ardiansyah, 2013).

2.6.2 *Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)*

Soft independent modelling of class analogy (SIMCA) merupakan teknik analisis multivariat terawasi yang digunakan untuk menguji kekuatan diskriminasi dan klasifikasi sampel. SIMCA digunakan untuk menetapkan sampel ke dalam kelas yang tersedia dengan tepat. Metode klasifikasi ini didasarkan pada pembuatan model PCA untuk masing-masing kelas dan mengklasifikasikan setiap sampel pada masing-masing model PCA. Hasil luaran dari SIMCA berupa tabel klasifikasi dimana sampel dapat terklasifikasikan dalam satu, beberapa kelas, atau tidak terklasifikasikan ke dalam kelas manapun (Nurcahyo, 2015).

SIMCA dan PCA merupakan analisis multivariat yang digunakan dalam mengekstrak informasi spektrum yang diperlukan dan menggunakan informasi spektrum tersebut untuk aplikasi kualitatif dan kuantitatif. Tujuan SIMCA dan PCA yaitu membuat sebuah pengurangan jumlah peubah yang menjelaskan aktifitas biologis atau sifat kimia ke dalam peubah independen yang lebih kecil (Mubayinah dkk, 2016).

2.6.3 *Matriks Konfusi (Confusion Matrix)*

Menurut Lavine (2009), matriks konfusi yaitu merupakan tabel pencatat hasil kerja klasifikasi dari pengolahan menggunakan SIMCA. Rumus matriks konfusi memiliki beberapa keluaran yaitu akurasi, spesifitas, dan sensitivitas. Akurasi adalah ketepatan dari model yang dibuat, dimana a adalah nomor sampel dari

kelas kopi segar yang masuk di kelas kopi segar (aktual), sedangkan d adalah nomor sampel dari kelas kopi *expired* yang masuk ke kelas kopi *expired* (aktual), b adalah nomor sampel dari kelas kopi segar yang masuk ke kelas kopi *expired* (aktual), dan c adalah nomor sampel dari kelas kopi *expired* yang masuk ke kelas kopi segar (aktual). Sensitivitas adalah menunjukkan kemampuan model untuk bisa menolak sampel yang bukan kelasnya. Spesifisitas adalah kemampuan model untuk mengarahkan sampel untuk masuk ke dalam kelas secara benar.

Tabel 1. Matriks Konfusi.

	Model Kopi Segar	Model Kopi <i>Expired</i>
Aktual Kopi Segar	a	b
Aktual Kopi <i>Expired</i>	c	d

Menurut Lavine (2009) rumus matriks konfusi memiliki empat keluaran yaitu akurasi, sensitivitas, spesifisitas, dan error. Secara matematik, keempat keluaran tersebut dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$\text{a) Akurasi (AC)} : \frac{a+d}{a+b+c+d}$$

$$\text{b) Sensitivitas (S)} : \frac{d}{b+d}$$

$$\text{c) Spesifisitas (SP)} : \frac{a}{a+c}$$

$$\text{d) Error (FP)} : \frac{c}{a+c}$$

Keterangan :

a : Sampel kopi segar yang masuk ke dalam model kopi segar.

- b** : Sampel kopi segar yang masuk ke dalam model kopi *expired*.
- c** : Sampel kopi *expired* yang masuk ke dalam model kopi segar.
- d** : Sampel kopi *expired* yang masuk ke dalam model kopi *expired*.

2.6.4 *Pretreatment* Spektra

Pretreatment spektra dilakukan untuk mengurangi pengaruh interferensi gelombang dan noises pada data spektra yang didapat agar diperoleh model yang lebih akurat dan stabil. Sebelum dilakukan pengembangan model analisis, data spektra akan mendapat perlakuan *pretreatment* baik data kalibrasi maupun prediksi. Berikut ini 6 metode *pretreatment* yang dapat dipergunakan untuk memperbaiki spektra yang didapat (Prieto, 2017., O’Haver, 2017, Kusumaningrum *et al.*, 2017) :

a. *Smoothing Moving Average*

Merupakan metode yang sering digunakan untuk mengeleminasi *noise*.

Smoothing pada umumnya, dikombinasikan dengan metode pengolah awal data lain untuk melakukan penghilangan *noise*.

Berikut persamaan dalam metode *smoothing moving average*.

$$S_j = \frac{Y_{j-1} + Y_j + Y_{j+1}}{3}$$

Keterangan :

S_j : Nilai *smoothing moving average* pada panjang gelombang ke j

Y_j : Nilai spektra asli pada panjang gelombang ke j

j : Indeks panjang gelombang

3 : Jumlah segmen

Rumus di atas untuk segmen = 3, pembagi dan penyebut dapat berubah sesuai dengan segmen yang dibuat. Hasil *smoothing moving average* akan terpusat di tengah karena hal tersebut jumlah segmen merupakan bilangan ganjil.

b. *Savitzky-Golay differentiation*

Digunakan untuk menghilangkan *background* dan meningkatkan resolusi spektra.

Derivative mampu memperjelas puncak dan lembah spektra absorbansi data.

Diferensiasi *Savitzky-Golay* biasanya fokus pada diferensiasi pertama. Turunan pertama 1st memungkinkan penghapusan *offset*, sementara *derivative* ke-2 2nd menghilangkan *offset* dan *baseline*.

Berikut merupakan rumus dari diferensiasi.

$$X_j = \frac{1}{N} \sum_{h=-k}^k C_j X_j + h$$

c. *Mean Normalization (MN)*

Tujuan dari *pretreatment* ini adalah untuk menskala sampel dalam rangka untuk mendapatkan semua data pada sekitar skala yang sama berdasarkan daerah, mean, maksimum, puncak dan vektor satuan.

Semua data spektrum juga dinormalisasi sebagai *mean normalization*.

Berikut merupakan persamaan *mean normalize*.

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

Keterangan :

$X_{\text{mean}(i,k)}$: Nilai mean normalize pada sampel i di panjang gelombang k

i : Indeks sampel

k : Indeks panjang gelombang

X_{raw} : Nilai spektra asli

X_{mean} : Nilai spektra rata-rata pada sampel .

X_{mean} menggunakan rata-rata nilai spektra pada baris panjang gelombang dari X_{raw} hingga akhir.

d. *Multiplicative Scatter Correction* (MSC)

Metode MSC merupakan salah satu pendekatan untuk mengurangi *amplification* (*multiplicative, scattering*) dan *offset* (*additive, chemical*) efek dari spektra. MSC berguna untuk memperbaiki variasi cahaya yang menyebar dalam data spektroskopi. Tujuan utama MSC adalah untuk memperbaiki semua sampel sehingga semuanya memiliki tingkat persebaran cahaya yang sama.

Berikut persamaan yang digunakan dalam metode MSC.

$$X_{\text{org}} = a_i + b_i \bar{x}_j + e_i$$

$$X_{i,\text{MSC}} = \frac{X_{\text{org}} - a_i}{b_i}$$

Keterangan :

$X_{i,\text{MSC}}$: Nilai dari spektrum yang dikoreksi (matriks data).

X_{org} : Nilai dari spektra asli

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

e_i : Nilai error

a_i : Nilai offset

b_i : Nilai slope

i : Indeks sampel

j : Indeks panjang gelombang

Yang pertama dilakukan untuk mencari nilai MSC adalah mencari koefisien regresi yaitu a_i dan b_i yang diperoleh dari persamaan regresi pada grafik linier yang dibuat dan menunjukkan persamaan $y = ax+b$ pada sampel i .

e. *Standard Normal Variate (SNV)*

Metode SNV adalah transformasi yang menghilangkan *scatter effects* dari spektra dengan memusatkan dan men-skala spektra individual. Seperti MSC, hasil praktis dari SNV adalah menghilangkan *multiplicative interferences* dari *scatter effects* pada data spektra. Tujuan utama dari SNV adalah penghapusan gangguan multiplikasi dari persebaran dan ukuran partikel.

Berikut persamaan yang digunakan pada metode SNV.

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

$$\tilde{x}_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_i}{s_i}$$

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

Sebelum mencari nilai SNV, dilakukan perhitungan standar deviasi yang merupakan nilai statistik untuk menentukan bagaimana sebaran data pada setiap sampel. Setelah diperoleh nilai standar deviasi, dilakukan perhitungan untuk mencari nilai SNV pada setiap panjang gelombang.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Februari 2018 di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca Panen, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

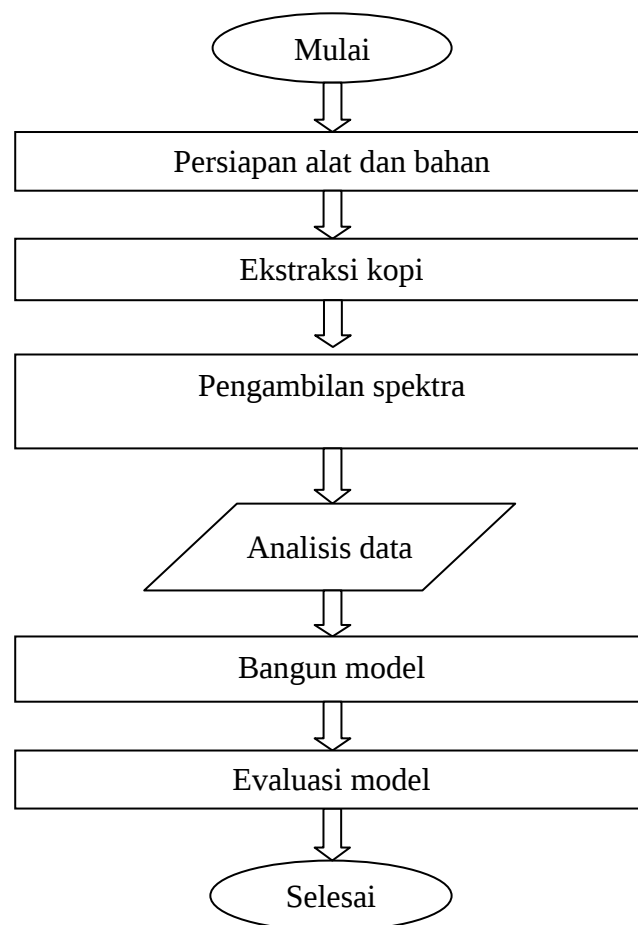
Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Genesys 10s UV-Vis Spectroscopy*, kuvet, *mesh*, *rubber bulb*, *aluminium foil*, ayakan *tyler meinzer II*, *stirrer* model S130810-33 (size pelat atas 4x4, tegangan 220-240 volt, kecepatan pengadukan 6 (350 rpm), *beaker glass*, labu erlenmeyer 50 ml, botol semprot, pemanas air, toples, botol transparan, termometer, timbangan digital, kertas saring, pengaduk, spatula, pipet ukur (2 ml dan 10 ml), gelas ukur, dan corong plastik.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kopi segar, dan kopi yang telah lama disimpan (*expired*). Jenis kopi yang digunakan yaitu jenis kopi robusta. Kopi segar didapatkan dari salah satu outlet penjual kopi yang berada di Bandar Lampung yaitu El's Coffee. Kopi yang dibeli masih dalam berbentuk biji yang telah disangrai. Kopi disangrai pada pagi hari, tanggal 11 Januari 2018 oleh penjual kopi tersebut. Sedangkan untuk kopi *expired* didapatkan dari kopi yang disisihkan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Riri Iriani pada bulan Mei 2016. Kopi tersebut disisihkan sudah dalam bentuk bubuk dan disimpan menggunakan kantong plastik pada suhu ruang.

3.3 Prosedur Penelitian

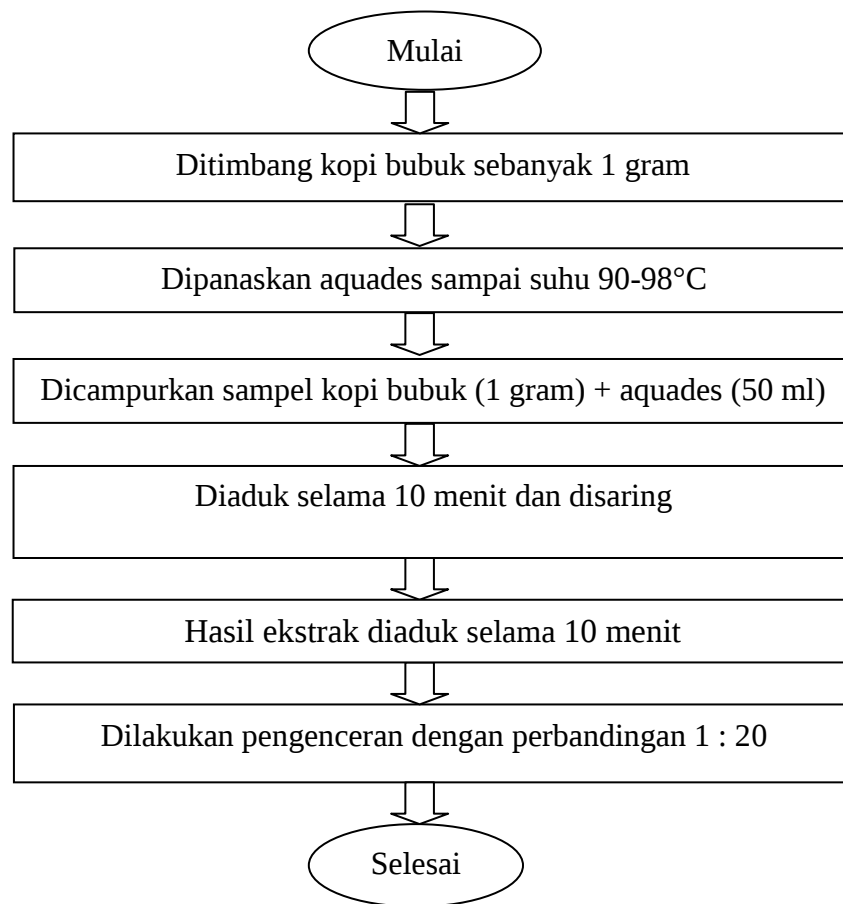
Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan kopi segar dengan kopi yang telah lama disimpan (*expired*) menggunakan teknologi *UV-Vis Spectroscopy* dan kemometrika. Tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini meliputi persiapan alat dan bahan, ekstraksi kopi, pengambilan spektra menggunakan *Spectrophotometer*, membuat dan menguji model, dan analisis data yang sudah didapatkan. Diagram alir prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Prosedur Penelitian.

3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum melakukan penelitian, kita harus mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Apabila alat dan bahan tersebut belum tersedia maka kita harus mencari terlebih dahulu khususnya untuk alat yang belum tersedia di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca Panen. Selanjutnya pembuatan ekstraksi kopi dapat dilakukan dengan beberapa tahap yaitu dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses Ekstraksi Kopi.

3.3.2 Pengayakan

Pengayakan dilakukan untuk mendapatkan ukuran yang seragam dari partikel kopi yang digunakan. Kopi diayak dengan menggunakan ayakan *tyler meinzer* dengan mesh ukuran 20, 30, 50, 70, dan 80 serta sampel yang digunakan dalam pengujian yaitu ukuran mesh 50. Pemilihan sampel uji pada ukuran mesh 50 didasarkan pada banyaknya bubuk kopi yang berada pada mesh tersebut.

3.3.3 Penimbangan



Gambar 7. Penimbangan Sampel Kopi Sebanyak 1 gram.

Kopi yang digunakan sebagai sampel uji sebanyak 1 gram untuk setiap ulangan.

Jumlah sampel ulangan dan komposisi kedua jenis kopi dapat dilihat pada Tabel

2. Proses penimbangan dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 2. Komposisi Bahan.

No Sampel	Komposisi Bahan
1-100	1 gram kopi segar
101-200	1 gram kopi yang telah lama disimpan (<i>expired</i>)

3.3.4 Pembuatan Larutan



Gambar 8. Pencampuran Sampel Bubuk Kopi 1 gram dengan Akuades 50 ml pada Suhu 90 - 98°C.

Sampel untuk pengujian yang berupa bubuk harus dibuat larutan saat pengujian menggunakan alat spektrofotometer. Caranya yaitu sampel yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam gelas ukur dan dilarutkan dengan aquades sebanyak 50 ml pada suhu 90-98°C. Proses pencampuran sampel bubuk kopi 1 gram dengan akuades dapat dilihat pada Gambar 8.

3.3.5 Pengadukan



Gambar 9. Proses Pengadukan Sampel Menggunakan *Magnetic Stirrer*.

Pengadukan dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* model S130810-33 (size pelat atas 4x4, tegangan 220-240 volt, kecepatan pengadukan 6 (350 rpm), selama 10 menit untuk menghomogenkan larutan kopi. Proses pengadukan sampel kopi dapat dilihat pada Gambar 9.

3.3.6 Penyaringan

Sampel yang sudah terlarut dan homogen kemudian dilakukan penyaringan yang bertujuan untuk memisahkan ampas kopi dengan hasil ekstrak kopi. Gambar 10 dapat dilihat proses penyaringan sampel menggunakan kertas saring.



Gambar 10. Proses Penyaringan Sampel Menggunakan Kertas Saring.

3.3.7 Pengenceran

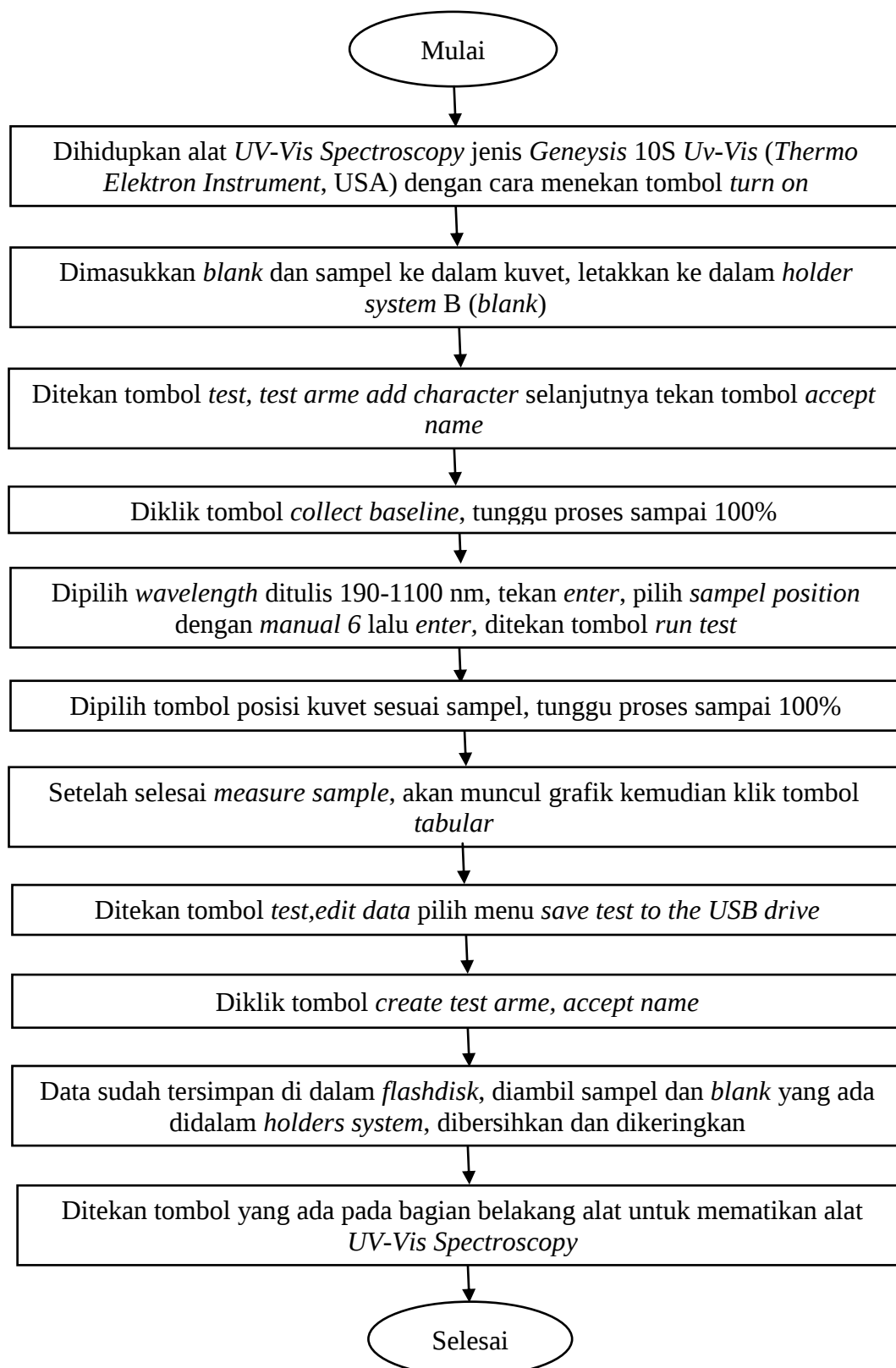
Ekstrak kopi yang dihasilkan pada langkah penyaringan kemudian dihomogenkan kembali menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit dengan kecepatan 4 rpm. Selanjutnya didinginkan hingga mencapai suhu 27°C (suhu ruang), dan dilakukan pengenceran dengan perbandingan 1 : 20 (ekstrak kopi : akuades). Hasil pengenceran dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Pengenceran Sampel dengan Perbandingan 1 ml Sampel Kopi dan 20 ml Akuades.

3.3.8 Pengambilan Spektra Menggunakan Spektrofotometer

Sampel yang telah diencerkan kemudian dimasukkan ke dalam kuvet sebanyak 2 ml. Selanjutnya dimasukkan dalam sistem holder dan diukur nilai absorbansinya selama 2 menit menggunakan *UV-Vis Spectroscopy* jenis *Genesys 10S UV-Vis*. Prosedur pengambilan data menggunakan *UV-Vis Spectroscopy* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Prosedur Pengambilan Data Menggunakan UV-Vis Spectroscopy.

3.3.9 Membuat dan Menguji Model

Nilai absorbansi yang diambil tersebut selanjutnya akan dibuat dan diuji model dengan perangkat lunak *The Unscrambler* versi 9.2 dengan metode SIMCA.

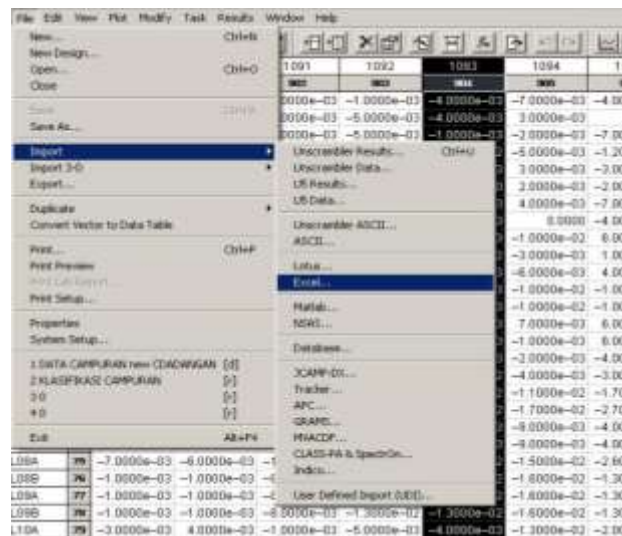
3.4 Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mendeteksi pola sampel menggunakan perangkat lunak *The Unscrambler* versi 9.2. Model kalibrasi dibangun menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA). Sampel yang sudah didapatkan nilai absorbansinya selanjutnya digabungkan menjadi satu dalam *Microsoft Excel* 1997-2003 kemudian dianalisis ke aplikasi *The Unscrambler*. Sampel akan dibagi menjadi sampel kalibrasi, sampel validasi dan sampel prediksi. Sampel kalibrasi untuk membangun model SIMCA, sampel validasi untuk memvalidasi model yang telah dibangun, dan sampel prediksi untuk menguji model tersebut. Setelah hasil klasifikasi dari pengujian model didapatkan kemudian dilakukan perhitungan menggunakan matriks konfusi.

3.5 *Principal Component Analysis* (PCA)

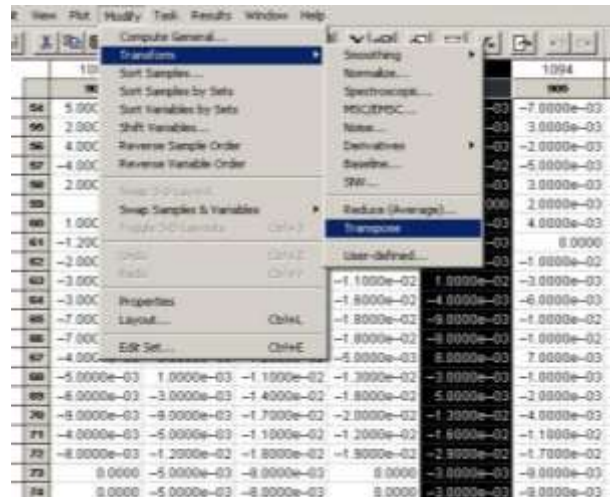
Data yang diambil dari *UV-Vis Spectroscopy* yaitu 200 sampel kopi segar dan 200 sampel kopi *expired* diambil data absorbansinya. Setelah didapatkan data absorbansinya kemudian data tersebut digabungkan menjadi satu dalam satu file *Microsoft Excel* 97-2003. Kemudian dianalisis menggunakan aplikasi *The*

Unscrambler version 9.2. Sampel dianalisis menggunakan *The Unscrambler* dengan cara dibuka dahulu aplikasi tersebut kemudian setelah terbuka klik *file* pilih *import data* lalu dipilih format *excel* untuk memasukkan file *Microsoft Excel 97-2003* yang akan dianalisis yang dapat dilihat pada Gambar 13.



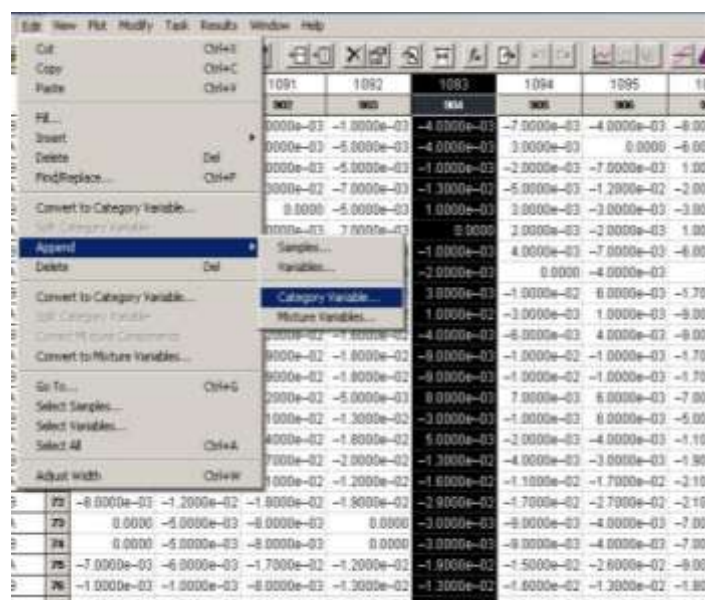
Gambar 13. Cara Mengimport Data dari *Ms. Excel* ke *The Unscrambler 9.2*.

Untuk aplikasi *The Unscrambler version 9.2* yang dapat digunakan yaitu format *Microsoft Excel 97-2003*, di atas *version Microsoft Excel 2003* aplikasi *The Unscrambler version 9.2* tidak kompatibel untuk aplikasi *Unscrambler*. Setelah data muncul pada jendela *The Unscrambler* selanjutnya data tersebut di *transpose* dengan perintah klik menu *task* pilih *transform* lalu pilih *transpose* dan dapat dilihat pada Gambar 14.



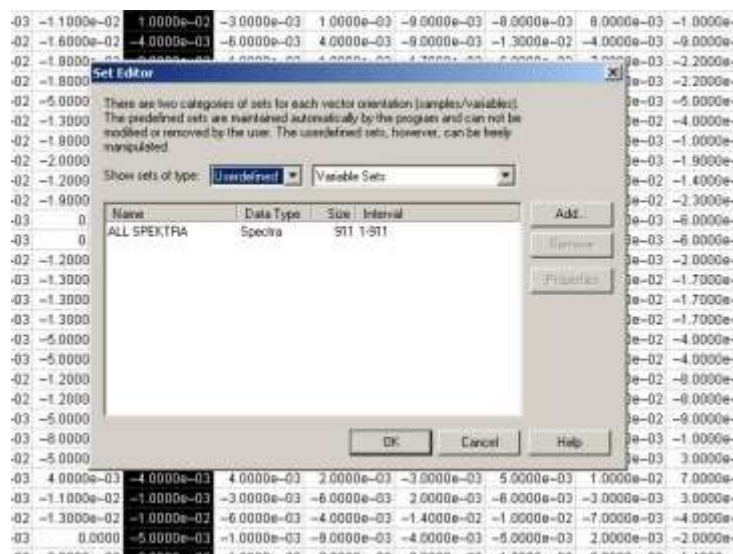
Gambar 14. Cara Mentranspose Data pada *The Unscrambler* 9.2.

Sebelum mencari nilai PCA pada *The Unscrambler* melalui beberapa tahap di antaranya klik menu *Edit* pilih *Append* pilih *Category Variable*, kemudian isi *Category Variable Name* dengan “JENIS KOPI” pilih *Next* dan isi *Level Name* dengan kopi segar dan kopi *expired* dan dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Cara Membuat Kolom *Category Variable*.

Kemudian klik pada kolom JENIS KOPI dan isi masing-masing baris sesuai jenis kopi. Kemudian sebelum data dianalisis dengan PCA data dikelompokkan sesuai kategori sampel dan variabel. Pengelompokkan dilakukan dengan klik menu *modify* kemudian klik *edit set* kemudian isi *sampel set* dengan *all sampel* dan *variabel set* dengan *all variable* dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Menu Edit Set.

Setelah data sudah diklasifikasi sesuai jenis kopi, kemudian ditambahkan kolom *category variable*, kemudian isi dengan KALVALPRED (Kalibrasi, Validasi dan Prediksi) dengan jumlah 100 sampel kalibrasi, 60 sampel validasi, dan 40 sampel prediksi kemudian dianalisis menggunakan metode *Principal Componen Analysis* (PCA) dengan cara pilih menu *task* kemudian pilih *Principal Componen Analysis* (PCA), kemudian klik menu *Tasks* pilih *PCA* lalu pilih validasi *test set*, pilih *Set up* dan dipilih diisi dengan jumlah data validasi pada sampel.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil analisis PCA pada data spektra original menunjukkan bahwa PC1 dengan nilai sebesar 99% dan PC2 menunjukkan nilai sebesar 0%, sehingga nilai PC1 dan PC2 menunjukkan nilai keragaman data sebesar 99%.
2. Hasil bangun model SIMCA kopi segar pada perbaikan spektra kombinasi SNV *moving average* 9 segmen memberikan informasi nilai PC1 sebesar 80%, sedangkan pada nilai PC2 yaitu sebesar 9%. Jumlah nilai PC1 dan PC2 model SIMCA kopi segar yaitu sebesar 89%. Hasil bangun model SIMCA kopi *expired* pada perbaikan data kombinasi SNV dan *moving average* 9 segmen memberikan informasi nilai PC1 sebesar 61% dan nilai PC2 sebesar 15%. Jumlah nilai PC1 dan PC2 model SIMCA kopi *expired* yaitu sebesar 76%.
3. Berdasarkan hasil klasifikasi perbaikan data spektra kombinasi SNV dan *moving average* 9 segmen dengan sampel prediksi kopi segar dan sampel

prediksi kopi *expired* masing-masing sebanyak 40 sampel didapatkan nilai akurasi (AC) sebesar 100%, nilai sensitivitas (S) sebesar 100%, nilai spesifisitas (SP) sebesar 100%, dan nilai error (FP) sebesar 0%. Dengan hasil pengujian tersebut, maka model yang dibuat dapat mengklasifikasikan sampel prediksi ke dalam model SIMCA dengan baik.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan jumlah sampel kopi dengan menggunakan beberapa tingkatan umur simpan sampel kopi. Sehingga sampel kopi yang digunakan akan lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1988. *Budidaya Tanaman Kopi*. Kanisius. Yogyakarta.
- Almada, D. P. 2009. Pengaruh Peubah Proses Dekafeinasi Kopi dalam Reaktor Kolom Tunggal Terhadap Mutu Kopi (Tesis). Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor. 80 hlm.
- Anshori, M. F. 2014. Analisis Keragaman Morfologi Koleksi Tanaman Kopi Arabika dan Robusta Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Sukabumi (Skripsi). Insitut Pertanian Bogor. Bogor. 54 hlm.
- Apratiwi, N. 2016. Studi Penggunaan Uv-Vis Spectroscopy untuk Identifikasi Campuran Kopi Luwak dengan Kopi Arabika (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung. 55 Hlm
- Ardiansyah, R. F. 2013. Pengenalan Pola Tanda Tangan dengan Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA) (Skripsi). Universitas Dian Nuswantoro. Semarang. 62 hlm
- Camo. 2006. The Unscrambler Methodes. www.camo.com. (Diakses pada tanggal 3 juli 2018).
- Citrasari, D. 2015. Penentuan Adulterasi Daging Babi pada Nugget Ayam Menggunakan NIR dan Kemometrik (Skripsi). Universitas Jember. Malang. 49 hlm
- Darmawanto, A. 2012. Analisis Organoleptik pada Kopi Bubuk Lokal yang Beredar di Bandar Lampung (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung. 48 hlm.
- Fatoni, A. 2015. Analisa Secara Kualitatif dan Kuantitatif Kadar Kafein dalam Kopi Bubuk Lokal yang Beredar di Kota Palembang Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis (Laporan Penelitian Mandiri). Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Bhakti Pertiwi. Palembang. 28 hlm
- Gichimu, B.M., Gichuru, E.K., Mamati, G.E., and Nyende, A.B. 2014. Biochemical Composition Within Coffea Arabica cv. Ruiru 11 and Its Relationship With Cup Quality. *Journal of Food Research*. 3(3) : 40–42.

- Handayani, F.N. 2016. Studi Penggunaan Metode Analisis Berbasis Uv-Vis Spectroscopy untuk Membedakan Kopi Luwak Asli dan Kopi Campuran Luwak-Robusta Secara Cepat (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung. 46 hlm
- Henry, A. Suryadi, MT., dan Yanuar, A. 2002. Analisis Spektrofotometri Uv-Vis pada Obat Influenza dengan Menggunakan Aplikasi Sistem Persamaan Linier. *Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT)*. Universitas Gunadarma. Jakarta. 11 hlm
- Indrawanto, C., Kamawati, E., Munarso., Prastowo, S.J., Rubijo, B., Siswanto. 2010. *Budidaya dan Pascapanen Kopi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor. 75 hlm.
- Iriani, R. 2016. Studi Penggunaan Teknologi Uv-Vis Spectroscopy dan Kemometrika Untuk Mengidentifikasi Pemalsuan Kopi Arabika dan Robusta Secara Cepat (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung. 47 hlm.
- Kementerian Perindustrian (Kemenperin), 2016. *Indonesia Ditargetkan Jadi Eksportir Utama Kopi Sangrai di Dunia*.
<http://www.kemenperin.go.id/artikel/16145/Indonesia-ditargetkan-jadi-eksportir-utama-kopi-sangrai-di-dunia>. Diakses pada tanggal 02 Oktober 2017.
- Kristiyanto, D., Pranoto, B. D. H., dan Abdullah. 2013. Penurunan Kadar Kafein Kopi Arabika dengan Proses Fermentasi Menggunakan Nopkor MZ-15. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(4) : 170 - 176.
- Kusumaningrum, D., Hoonsoo, L., Lohumi, S., Changyeun, M., Kim, M. S., and Cho, B.K. 2017. Non-Destructive Technique for Determining the Viability of Soybean (Glycine Max) Seeds Using FT-NIR Spectroscopy. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 98(5) : 1734 - 1742.
- Lavine, B.K. 2009. Validation of classifiers. In: Walczak, B., Tauler, R., and Brown, S. (eds.). *Comprehensive Chemometric : Chemical and Biochemical Data Analysis Volume III*. Elsevier. Oxford. 587-599.
- Miller, J.N., and Miller, J.C. 2000. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*, 4th Edition. Pearson Education. Harlow. 271 hlm.
- Mubayinah, A., Kuswandi, B., dan Wulandari, L. 2016. Penentuan Adulterasi Babi pada Sampel Burger Sapi Menggunakan Metode NIR dan Kemometrik. *e-Jurnal Pustaka Kesehatan*. 4(1) : 35 - 40.
- Mulato, S., Widyotomo, S. dan Suharyanto, E. 2005. *Petunjuk Teknis Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kopi*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember, Jawa Timur.

- Nicoli, M. C., Calligaris, S., and Manzocco, L. 2009. Shelf-Life Testing of Coffee and Related Products: Uncertainties, Pitfalls, and Perspectives. *Food Engineering Review*. 1(1) : 159–168.
- Nopitasari, I. 2010. Proses Pengolahan Kopi Bubuk (Campuran Arabika dan Robusta) Serta Perubahan Mutunya Selama Penyimpanan (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 92 hlm.
- Noviarty dan Angraini, D. 2013. Analisis Neodimium Menggunakan Metoda Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir BATAN*. 11(6) : 9-17
- Nurchahyo, B. 2015. Identifikasi dan Autentifikasi Meniran (*Phyllanthus niruri*) Menggunakan Spektrum Ultraviolet-Tampak dan Kemometrika (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 41 hlm.
- O'Haver, T. 2016. A Pragmatic Introduction to Signal Processing (Essay). Department of Chemistry and Biochemistry, The University of Maryland. College Park. 153 hlm.
- Pahlevi, R., Zakaria, W. A., dan Kalsum, U. 2014. Analisis Kelayakan Usaha Agroindustri Kopi Luwak. *Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*. 2(1) : 1-8.
- Panggabean, E. 2011. *Buku Pintar Kopi*. Agro Media Pustaka. Jakarta. 240 hlm.
- Pertiwi, N.P. 2015. Validasi Metode dan Penetapan Kadar Asam Klorogenat pada Ekstrak Daun Kopi Robusta (*Coffea canephora*) dengan Metode KLT Densitometri (Skripsi). Universitas Jember. Malang. 97 hlm.
- Prastowo, S. J., Kamawati, E., Rubijo, Siswanto, Indrawanto, C., dan Munarso, S. J. 2010. *Budidaya dan Pascapanen Kopi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor. 75 hlm.
- Prieto, B.G. 2017. Novel Variable Influence on Projection (VIP) Methods in OPLS, O2PLS, and OnPLS Models for Single- and Multiblock Variable Selection (Thesis). Department of Chemistry Industrial Doctoral School, Umeå University. Swedan. 120 hlm.
- Qin, H., Prybutok, V. R., and Zhao, Q. 2009. Perceived Service Quality in Fast-Food Restaurants: Empirical Evidence From China. *International Journal of Quality and Reliability Management*. 27(4) : 424-437.
- Rahardjo, P. 2012. *Kopi*. Penebar Swadaya. Jakarta. 212 hlm
- Roggo, Y., Chalus, P., Maurer, L., and Martinez, C. L. 2007. A Review of Near Infrared Spectroscopy and Chemometrics in Pharmaceutical Technologies. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 44(1) : 683–700.

- Setiyono, R. T., dan Udarno, L. 2014. Seleksi Plasma Nutfah Kopi Robusta di Desa Bodong, Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat. *Sirinov*. 2(2) : 85–92.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., and Crouch, S. R. 2004. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Tomson. Toronto. 1176 hlm.
- Souto, U.T.C.P., Barbosa, M.F., Dantas, H.V., Pontes, A.S., Lyra, W.S., Diniz, P.H.G.D., Araujo, M.C.U., and Silva, E.C. 2015. Identification of Adulteration in Ground Roasted Coffees Using Uv-Vis Spectroscopy and SPA-LDA. *LWT-Food Science and Technology*. 63(2) : 1037-1041.
- Sudjadi. 1983. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia. Jakarta. 287 hlm.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2018. The Classification of Arabica Gayo Wine Coffee Using Uv-Visible Spectroscopy and PCA-DA Method. *MATEC Web of Conferences*. 197 : 1-4.
- Towaha, J., Aunillah, A., Purwanto, E. H., dan Supriadi, H. 2014. Pengaruh Elevasi dan Pengolahan Terhadap Kandungan Kimia dan Cita Rasa Kopi Robusta Lampung. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*. 1(1) : 57-62.
- Wijaya, W. 2017. Analisa Pengaruh Kualitas Makanan Terhadap Kepuasan Konsumen di Yoshinoya Galaxy Mall Surabaya. *Jurnal Manajemen Perhotelan*. 2(5) : 581-594
- Yulia, M., dan Suhandy, D. 2017. Indonesian Palm Civet Coffee Discrimination Using Uv-Visible Spectroscopy and Several Chemometrics Methods. *Journal of Physics: Conference Series*. 835 : 1-7.
- Yulia, M., Asnaning, A. R., dan Suhandy, D. 2018. The Classification of Ground Roasted Decaffeinated Coffee Using Uv-Vis Spectroscopy and SIMCA Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 147 : 1-7.
- Yulia, M., dan Suhandy, D. 2018. Identification of Fresh and Expired Ground Roasted Robusta Coffee Using Uv-Visible Spectroscopy and Chemometrics. *MATEC Web of Conferences*. 197 : 1-5.