

**UJI KEASLIAN MADU HUTAN SUMBAWA DENGAN TEKNOLOGI
UV-VIS SPEKTROSKOPI DAN METODE SIMCA**

(Skripsi)

Oleh

BINTI KHOIRIYAH



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

**UJI KEASLIAN MADU HUTAN SUMBAWA DENGAN TEKNOLOGI
UV-VIS SPEKTROSKOPI DAN METODE SIMCA**

Oleh

Binti Khoiriyah

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2021**

ABSTRAK

UJI KEASLIAN MADU HUTAN SUMBAWA DENGAN TEKNOLOGI UV-VIS SPEKTROSKOPI DAN METODE SIMCA

Oleh

BINTI KHOIRIYAH

Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam yang melimpah dan sangat berguna bagi manusia demi kelangsungan hidup. Salah satu hasil hutan selain kayu yang menjadi komoditas utama adalah madu. Madu merupakan hasil produksi yang memiliki banyak khasiat bagi tubuh di antaranya sebagai anti toksin, obat luka, kesehatan, kecantikan, dan sebagai bahan baku dalam industri makanan dan minuman. Namun, demi mencari keuntungan, banyak sekali produsen madu yang memanipulasi keaslian madu tersebut dengan cara menambahkan bahan lainnya seperti air, glukosa, fruktosa, sirup, dan jenis madu yang berbeda. Penelitian uji keaslian madu hutan Sumbawa dengan teknologi UV-vis spektroskopi dan metode SIMCA belum pernah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk membedakan madu hutan Sumbawa asli dan madu hutan Sumbawa yang telah dicampur dengan sirup jagung.

Sampel yang digunakan sebanyak 280 sampel yaitu sampel madu asli hutan Sumbawa (MS) dan madu yang dicampur dengan sirup jagung (MC) pada level pencampuran 10-60% (v/v). Sebelum dilakukan pengambilan spektra, beberapa yang harus dilakukan yaitu ekstraksi madu yaitu pemanasan madu, pencampuran dengan sirup jagung, pengenceran, pengadukan, kemudian dilakukan pengambilan spektra dan membuat model serta mengujinya dengan metode PCA dan SIMCA. Hasil pengujian menggunakan PCA diperoleh jumlah nilai PC-1 dan PC-2 sebesar 99% untuk data spektra original. Hasil PCA terbaik diperoleh dengan cara perbaikan spektra menggunakan beberapa perlakuan, dan diperoleh pada kombinasi perbaikan MSC + *smoothing moving average* 5S dengan jumlah nilai PC-1 dan PC-2 sebesar 100%. Kemudian, hasil klasifikasi model SIMCA MS dan MC diperoleh nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas masing-masing 100%, sedangkan untuk nilai eror sebesar 0%. Berdasarkan hubungan analisis spesifisitas dan sensitivitas yang disajikan dalam bentuk kurva ROC, hasil klasifikasi MS dan MC dapat dikatakan sebagai klasifikasi yang sangat baik

karena semakin dekat kurva ROC pada garis Y maka semakin baik klasifikasi dalam membedakan jenis madu Sumbawa asli dan campuran.

Kata kunci : Madu hutan Sumbawa, Sirup jagung, UV-Vis Spektroskopi, *Principal component analysis* (PCA), dan *Soft independent modeling of class analogy* (SIMCA).

ABSTRACT

AUTHENTICATION OF SUMBAWA FOREST HONEY USING UV-VIS SPECTROSCOPY TECHNOLOGY AND SIMCA METHOD

By

BINTI KHOIRIYAH

Indonesia is a country with abundant natural resources which are very useful for human survival. The main commodity produced by forests aside from wood is honey. Honey is a product that has so many advantages for the body, it is used for anti-toxin, wound medicine, health, beauty, and as an ingredient in the food and beverage industry. But still, many honey producers who are manipulating the originality of honey by adding other ingredients such as water, glucose, fructose, syrup, and different types of honey, just to earn more money. Originality test of Sumbawa forest honey research using UV-Vis spectroscopy and SIMCA method is never done yet. This research aimed to differentiate between authentic of Sumbawa forest honey and adulterated Sumbawa forest honey which is mixed with corn syrup.

The samples used were 280 samples, they were the authentic Sumbawa forest honey (MS) and adulterated Sumbawa forest honey (MC) which was mixed with corn syrup at the mixing level of 10-60% (v/v). Before the spectra acquisition, the honey was extracted by heating, mixing with corn syrup, diluting, and stirring. After taking the spectra and making the model, it was tested by PCA and SIMCA method. The test results using PCA obtained a cumulative value of PC-1 and PC-2 about 99% for the original spectral data. The best result of PCA was obtained by transforming the original spectra using some pretreatments, and it was a combination of MSC+*smoothing moving average* 5S with the cumulative value of PC-1 and PC-2 100%. Then, the classification result of the SIMCA MS and MC model got 100% in accuracy, sensitivity, and specificity, while the error was 0%. Based on the relation of specificity and sensitivity analysis which was presented by the ROC curve, the classification result of MS and MC was the best classification, because the closer the ROC curve to line Y the better classification in differentiating between authentic and adulterated Sumbawa honey.

Keyword : Sumbawa forest honey, corn syrup, UV-Vis spectroscopy,
Principal component analysis (PCA), and *Soft independent
modeling of class analogy (SIMCA)*.

Judul Skripsi : **UJI KEASLIAN MADU HUTAN SUMBAWA
DENGAN TEKNOLOGI UV-VIS
SPEKTROSKOPI DAN METODE SIMCA**

Nama Mahasiswa : **Binti Khoiriyah**


Nomor Pokok Mahasiswa : **1714071014**

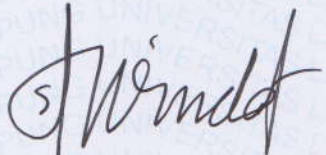
Program Studi : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**

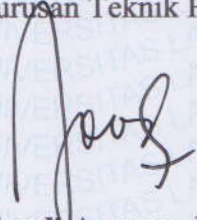


1. **Komisi Pembimbing**


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


Winda Rahmawati, S.TP. M.Si., M.Sc.
NIP 198905202015042001

2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP 1962101019890210012

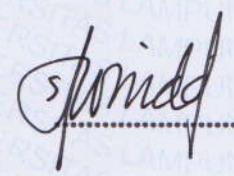
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

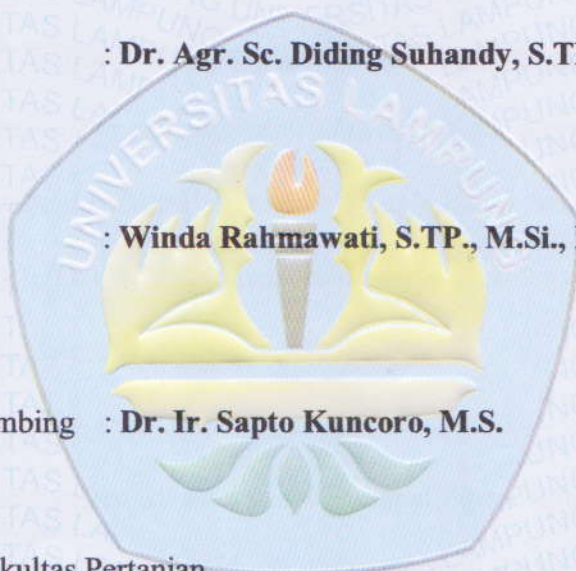
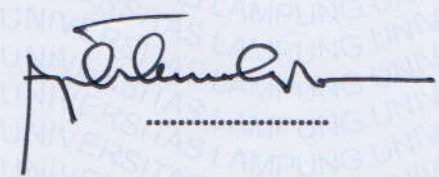
Ketua : **Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr.**



Sekretaris : **Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.**



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



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Agustus 2021

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Binti Khoiriyah** dengan **NPM 1714071014**, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr.Agr.Sc. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr.**, dan 2) **Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.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 ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandarlampung, 30 Agustus 2021
Yang membuat pernyataan,



Binti Khoiriyah
1714071014



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Gunung Menanti, Kecamatan Tumijajar, Kabupaten Tulang Bawang Barat, Provinsi Lampung pada tanggal 22 Mei 1999. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari Bapak Supar dan Ibu

Haryanti. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Gunung Menanti dan lulus tahun 2011. Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMPN 3 Tumijajar pada tahun 2014 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Tumijajar lulus pada tahun 2017.

Tahun 2017, penulis mendaftarkan diri sebagai salah satu calon mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan di terima melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis terdaftar di Unit Kegiatan Mahasiswa Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai Anggota Biasa dan sebagai Anggota Bidang Kemuslimahan pada Unit Kegiatan Mahasiswa-Fakultas (UKM-F) FOSI, Fakultas Pertanian.

Pada tanggal 2 Januari-10 Februari 2020, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Purwosari, Kecamatan Kelumbayan Barat, Kabupaten Tanggamus selama 40 hari. Kemudian, pada tanggal 27 Juni-10 Agustus 2020,

penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum selama 30 hari kerja di Laboratorium Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura (LTPH) Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu dengan judul “Teknologi Proses Perbanyak AGEN Hayati PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacterian*) dan Pengaplikasian untuk Merangsang Perakaran Tanaman Padi di LTPH Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu”.

Persembahan

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam setiap langkah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Karya ini ku persembahkan untuk :

Kedua orang tuaku

Bapak Supar dan Ibu Haryanti yang tanpa kenal lelah memberikan doa, cinta dan kasih sayang, bimbingan yang luar biasa, serta pengorbanan yang sangat berarti.

Keluargaku

Kakak Anggi Karyani dan Aan Effendi serta Adikku Desi Anggraeni dan Rizka Fendi Anggika yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti.

SANWANCANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. dan dapat kita nantikan syafaat nya di akhirat kelak. Skripsi dengan judul **“Uji Keaslian Madu Hutan Sumbawa dengan Teknologi UV-Vis Spektroskopi dan Metode SIMCA”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

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

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian yang telah membantu dalam administrasi skripsi.
2. Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, menyemangati dan memberikan saran dalam proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
4. Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc., selaku pembimbing kedua sekaligus Pembimbing Akademik (PA) selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Pertanian, yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini, serta motivasi dan dorongannya selama penulis menempuh pendidikan ini.

5. Dr. Ir. Sapto Kuncoro, M.S., selaku pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sebagai perbaikan selama penulis menyusun skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya.
7. Rumah madu dari Kabupaten Sumbawa Besar, NTB yang telah menyediakan sampel dalam membantu kelancaran dalam penelitian.
8. Bapak Supar, Ibu Haryanti, Mba Anggi Karyani, Mas Aan Efendi, Adik Desi Anggraeni, dan Rizka Fendi Anggika serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan kasih sayang, doa tulus, dukungan moral dan material selama ini. Terima kasih banyak.
9. Sahabatku, teman kosku, teman mainku, teman masakku Ambis Misqueen, Ekik, Acil, Erine, dan Agata yang telah memberikan bantuan, motivasi, dan dukungannya.
10. Armadito Abilawa Cipta Aji selaku Komti angkatan 2017, terima kasih telah membimbing kita dengan cara yang terbaik.
11. Teman-teman seperjuangan skripsi Nurul, Sarah Desiana, Sarah sofi, Nasywa, Mega, Adit, dan Alpin atas kerjasamanya selama penelitian berlangsung.
12. Keluarga besar Teknik Pertanian 2017 yang telah memberikan semangat, dukungan dan bantuannya selama menempuh pendidikan.
13. Terakhir namun bukan yang akhir, saya ingin berterima kasih kepada diri saya sendiri, karena sudah percaya dengan diri sendiri, untuk melakukan kerja keras ini, untuk tidak pernah berhenti, dan terima kasih karena sudah menjadi diri saya setiap saat.

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

Bandarlampung, 30 Agustus 2021

Binti Khoiriyah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Batasan Masalah.....	6
1.6. Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Klasifikasi Lebah	7
2.2. Madu	8
2.3. Jenis Madu	8
2.4. Kandungan Madu.....	9
2.5. Manfaat Madu.....	10
2.6. Sirup Jagung.....	11
2.7. UV-Vis Spektroskopi.....	12
2.8. Metode Kemometrika	13
2.8.1. <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	14
2.8.2. <i>Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)</i>	14
2.8.3. Matriks Konfusi (<i>Confusion Matrix</i>).....	15
2.8.4. <i>Pretreatment</i>	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Waktu dan Tempat.....	20
3.2. Alat dan Bahan.....	20
3.3. Prosedur Penelitian	20
3.4. Pembuatan Larutan	21
3.4.1. Pemanasan Madu.....	21
3.4.2. Pencampuran Pemanis Buatan (Sirup Jagung).....	22
3.4.3. Pengenceran.....	23
3.4.4. Pengadukan.....	24

3.4.5. Persiapan Sampel.....	25
3.5. Pengambilan Spektra Menggunakan UV-Vis Spektroskopi.....	26
3.6. Membuat dan Menguji Model	28
3.7. Analisis Data	28
3.8. <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	29
3.9. Membuat Model Menggunakan Analisis <i>Soft Independent Modeling of Class Analogy</i> (SIMCA).....	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1. Analisis Spektra Madu Hutan Sumbawa Asli dan Campuran	33
4.1.1. Analisis Spektra Madu Hutan Sumbawa Asli dan Campuran Menggunakan Data Spektra Original dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	34
4.1.2. Analisis Spektra Madu Hutan Sumbawa Asli dan Campuran Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S	36
4.2. Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	37
4.2.1. Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) Menggunakan Data Spektra Original dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm	39
4.2.2. Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) Menggunakan Data Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S.....	42
4.3. Model <i>Soft Independent Modeling of Class Analogy</i> (SIMCA)	46
4.3.1. Model SIMCA pada Data Spektra Original dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	49
4.3.2. Model SIMCA Menggunakan Data Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm	50
4.4. Klasifikasi Model SIMCA	52
4.4.1. Klasifikasi Model SIMCA pada Data Spektra Original dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm	52
4.4.2. Klasifikasi Model SIMCA Menggunakan Data Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S	58
V. KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan Madu (Bagdanov, 1997).....	10
2. Matriks Konfusi	15
3. Pemberian Nomor Sampel	25
4. Hasil Pengembangan Model MS dan MC Menggunakan Beberapa Perbaikan dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm	46
5. Hasil Klasifikasi Model MS dan MC pada Spektra Original dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm	53
6. Matriks Konfusi Model SIMCA MS dan MC pada Data Spektra Original dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm	54
7. Hasil Tingkat Spesifisitas dan Sensitivitas pada Hasil Klasifikasi MS dan MC pada Data Spektra Original dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	57
8. Hasil Klasifikasi Model SIMCA MS dan MC Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average 5S</i>	58
9. Matriks Konfusi Model SIMCA MS dan MC Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average 5S</i> dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	60
10. Hubungan Tingkat Spesifisitas dan Sensitivitas Hasil Klasifikasi Model MS dan MC Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average 5S</i>	62

LAMPIRAN

11. Tabel Istilah (Suhandy, 2019)	74
12. Hasil PCA Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	76
13. Hasil PCA Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average 5S</i> pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	84
14. Hasil Plot <i>Coomans</i> Data Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	92
15. Hasil Plot <i>Coomans</i> Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average 5S</i> pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	100
16. Hasil PCA Masing-Masing Perbaikan	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Madu Hutan Sumbawa (Dokumentasi Pribadi).	3
2. Diagram Alir Prosedur Penelitian (Firmansyah, 2019).....	21
3. Proses Pemanasan Madu Menggunakan <i>Waterbath</i>	22
4. Proses Pencampuran Pemanis Buatan (Sirup Jagung).	23
5. Proses Pengenceran dengan <i>Aquades</i>	24
6. Proses Pengadukan dengan <i>Magnetic Stirrer</i>	24
7. Diagram Alir Persiapan Bahan (dimodifikasi dari Firmansyah, 2019).....	26
8. Diagram Proses Pengambilan Spektra (Firmansyah, 2019).....	27
9. Proses Pengambilan Spektra Menggunakan UV-Vis Spektroskopi dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.	28
10. Langkah Meng- <i>import</i> Data ke <i>The Unscrambler</i> versi 10.4.	29
11. Langkah <i>Transpose</i> Data ke <i>The Unscrambler</i> versi 10.4.....	30
12. Langkah Membuat Kolom <i>Category Variable</i>	30
13. Tampilan Menu <i>Define Ranges</i>	31
14. Langkah PCA Pada <i>The Unscrambler</i> versi 10.4.	32
15. Denah Pengambilan Sampel di Sumbawa Besar, NTB, Indonesia.	33
16. Tampilan Warna Madu Sumbawa Asli (MS) dan Madu Sumbawa Campuran (MC).	34
17. Grafik Nilai Rata-rata Spektra Original SJ, MS, dan MC10%-MC60% dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.	35

18. Grafik Nilai Rata-rata SJ, MS dan MC Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S.....	36
19. Hasil PCA Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm dengan Level Campuran Berbeda.....	39
20. Hasil PCA Spektra Original MS dan MC dengan panjang gelombang 190-1100 nm pada Dua Kelas Sampel.....	39
21. Grafik <i>X-Loadings</i> PC-1 Hasil PCA Menggunakan Spektra Original.....	41
22. Grafik <i>X-Loadings</i> PC-2 Hasil PCA Menggunakan Spektra Original.....	41
23. Hasil PCA Data Spektra Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.	43
24. Hasil PCA Data Spektra Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S pada Dua Kelas Sampel.....	43
25. Grafik <i>X-Loadings</i> PC-1 Hasil PCA Menggunakan Spektra Perbaikan .. MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S.....	45
26. Grafik <i>X-Loadings</i> PC-2 Hasil PCA Menggunakan Spektra Perbaikan .. MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S.....	45
27. Model SIMCA MS pada Data Spektra Original dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.	49
28. Model SIMCA MC pada Data Spektra Original Menggunakan Panjang Gelombang 190-1100 nm dengan Level Campuran 10-60%.....	49
29. Model SIMCA MS Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	51
30. Model SIMCA MC Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.	51
31. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA MS dan MC pada Data Spektra Original dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	56
32. Kurva ROC Klasifikasi MS dan MC pada Data Spektra Original dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	57
33. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi SIMCA MS dan MC dengan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S.....	61
34. Kurva ROC Klasifikasi MS dan MC Menggunakan Perbaikan MSC + <i>Smoothing Moving Average</i> 5S.....	62

LAMPIRAN

35. Sirup Jagung..... 110

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki hasil sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk kelangsungan hidup manusia. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2017, data luas hutan di Indonesia mencapai 125.922.474 hektare. Jumlah sumber daya alam di Indonesia sangat melimpah dengan luas hutan yang dimiliki oleh Indonesia tersebut. Dilihat dari luas besaran hutan di Indonesia, maka hasil produksi selain kayu yang menjadi komoditas utama dalam peningkatan Kementerian Kehutanan sebagai komoditas unggulan yaitu madu. Madu disebut sebagai hasil hutan yang sudah sejak lama dikenal masyarakat serta mempunyai berbagai macam khasiat untuk tubuh. Beberapa khasiat madu adalah sebagai anti toksin, obat luka, suplemen kesehatan, kecantikan, dan sebagai bahan baku industri makanan dan minuman (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2017).

Madu merupakan hasil produksi yang diperoleh dari serangga yakni lebah. Terdapat empat jenis lebah yang menghasilkan madu di Indonesia, yaitu *Apis mellifera*, *Apis florea*, *Apis cerana*, dan *Apis dorsata* (Darmawan *et al.*, 2014). *Apis dorsata* adalah lebah yang berkembang bebas di alam dan tidak mudah untuk dibudidayakan karena sifatnya yang agresif. Oleh karena itu, hingga saat ini lebah hutan belum mampu ditenakkan.

Standar mutu yang dimiliki madu bersumber pada kandungan glukosa dan fruktosa keseluruhan yaitu paling sedikit 60% sedangkan jenis gula pereduksi yang ada pada madu bukan hanya glukosa dan fruktosa saja melainkan terdapat dekstrin dan maltosa (Purbaya, 2002). Sedangkan proses pembuatan madu dari

lebah ini merupakan proses yang kompleks, maka dari proses tersebut dapat terjadi perbedaan kadar dan komposisi gula pereduksi dari berbagai jenis madu yang tersebar di masyarakat. Khasiat madu khususnya dalam pengobatan dapat dipengaruhi oleh kandungan gula pereduksi dari masing-masing madu (Jarvis, 1995).

Mutu dan kandungan madu merupakan hal penting untuk menentukan harga jual madu. Tingkat keuntungan madu akan semakin besar sejalan dengan mutu dan kandungan madu, hal tersebut karena madu memiliki nutrisi penting seperti asam amino, asam organik, vitamin, antioksidan, mineral, enzim, serta senyawa lain yang menyusunnya (Da Silva *et al.*, 2015). Selain kandungan dari madu tersebut, hal yang dapat mempengaruhi tingkat keuntungan madu adalah asal geografis dan sumber dari nektarnya. Terdapat dua jenis madu apabila dilihat dari sumber nektarnya yaitu madu multiflora dan madu uniflora. Madu multiflora adalah madu yang berasal dari nektar dan embun madu dari berbagai jenis tumbuhan sedangkan madu uniflora adalah madu yang nektarnya didominasi oleh satu jenis tumbuhan. Madu uniflora adalah madu yang memiliki nilai produksi paling tinggi, sehingga seringkali terjadi manipulasi keaslian madu karena adanya kesalahan dalam mengidentifikasi sumber geografis ataupun asal nektar madu tersebut atau pencampuran bahan lainnya seperti sirup atau pemanis buatan, sukrosa, fruktosa, dan air (Schuhfried *et al.*, 2016). Proses memanipulasi bahan pangan sangat banyak dilakukan di Indonesia. Salah satu contohnya adalah manipulasi keaslian madu karena madu ini merupakan bahan yang banyak disukai oleh masyarakat.

Pulau Sumbawa merupakan pulau besar yang berada di Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan letak geografis antara $116^{\circ}42'$ hingga $119^{\circ}05'$ Bujur Timur, dan $80^{\circ}00'$ hingga $90^{\circ}71'$ Lintang Selatan. Di sebelah utara dibatasi oleh Laut Flores, di sebelah selatan dibatasi oleh Samudera Hindia, di sebelah barat dibatasi oleh Selat Asia, dan di sebelah timur dibatasi oleh Selat Sape. Pulau Sumbawa mempunyai sumber daya alam yang melimpah dan berpotensi untuk menjadi wilayah dengan daya tarik wisata yang banyak diminati oleh wisatawan dari dalam ataupun luar negeri. Kekayaan alam Pulau Sumbawa merupakan salah satu

daya tarik yang dimilikinya. Salah satu bentuk kekayaan alam yang menjadi ciri khas di Pulau Sumbawa adalah madu.

Sebelum terbentuknya wisata madu di Pulau Sumbawa banyak sekali terjadi manipulasi keaslian madu dan tingkat pemasaran menurun. Wisata madu ini dibuat oleh pemilik UD. Madu Lestari yang merupakan salah satu produsen madu di Pulau Sumbawa yang telah diakui keasliannya oleh badan laboratorium Indonesia. Madu yang diproduksi oleh UD. Madu Lestari merupakan madu murni dari hutan belantara, yang mempunyai jenis madu hanya dari spesies lebahnya saja yaitu madu dari lebah *Apis dorsata* dan *Apis cerana*. Selain UD. Madu Lestari, terdapat juga produsen yang memproduksi madu hutan Sumbawa yakni UD Rumah Madu. Hasil produksi madu tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Madu Hutan Sumbawa (Dokumentasi Pribadi).

Cara evaluasi sensori merupakan salah satu cara untuk membedakan antara jenis madu yang satu dengan yang lain atau campuran antara madu asli dan madu oplosan. Evaluasi sensori adalah cara yang dilakukan oleh manusia untuk menjelaskan madu dengan panca indra yaitu, indra perasa, indra penglihatan, indra peraba, dan aroma. Namun cara evaluasi sensori mempunyai kelemahan yakni manusia memiliki keterbatasan fisik untuk mendeskripsikan ciri suatu bahan. Kemudian bisa menggunakan metode NIR (*near infrared*). Kekurangan metode NIR adalah menggunakan alat seperti spektrometer dan sumber cahaya

(*light source*) yang mahal sehingga menjadi kendala dalam perkembangan alat di Indonesia (Suhandy dkk, 2017). Selain metode di atas, terdapat juga metode lain yaitu HPLC (*high performance liquid of chromatography*), namun metode HPLC ini memerlukan instrumentasi yang mahal dan penggunaannya yang rumit dan melibatkan bahan kimia (menghasilkan limbah kimia).

Cara yang dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan-kelemahan ini adalah perlu diterapkan suatu teknologi yang tepat untuk mengetahui perbedaan dari berbagai jenis madu menggunakan UV-Vis spektroskopi untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat terhadap jenis madu yang tersebar di Indonesia.

Kelebihan dari penggunaan spektrometer UV-vis adalah dalam penggunaan alat ini ekstraksi sampelnya dapat menggunakan air sebagai pelarutnya sehingga biaya yang dibutuhkan relatif murah dan ramah lingkungan, ketepatan waktu, nilai akhir yang akurat dalam menggunakan analisa serta UV-Vis spektroskopi sudah banyak tersedia di laboratorium di perguruan tinggi karena alat ini termasuk alat standar untuk menganalisis warna.

Penggunaan UV-Vis spektroskopi sudah banyak digunakan untuk mendeteksi keaslian beberapa produk pertanian seperti kopi, madu, dan teh pada riset sebelumnya. Beberapa riset tersebut adalah Penggunaan *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA untuk Diskriminasi Tiga Kopi Robusta Lampung Berdasarkan Jenis Pupuk (Andriyani, 2019), Penggunaan Teknologi *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA untuk Membedakan Kopi Liberika Tungkal Jambi, Meranti Riau dan Probolinggo Jawa Timur (Kuswara, 2021), Studi Penggunaan Metode Analisis Berbasis *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA untuk Membedakan Kopi Codot Murni dan Kopi Codot Campuran (Zahrok, 2019), Penggunaan *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA untuk Identifikasi Madu Lebah Hutan (*Apis dorsata*) Berdasarkan Sumber Nektar (Firmansyah, 2019), Penggunaan *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA untuk Diskriminasi Madu Kelengkeng dan Madu Karet PT Madu Pramuka (Hartono, 2021), Studi Penggunaan *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA untuk Klasifikasi Madu Hutan Berdasarkan Letak Geografis (Zaini, 2019), Studi Diskriminasi Teh Hijau dan Teh Hitam di PT. Pagilaran Batang Menggunakan Uji Sensori dan Metode

UV-Vis Spectroscopy (Al Zulfa, 2019), dan Identifikasi *Grade* Teh Hitam (*Camellia sinensis*) CTC Produk PT. Perkebunan Nusantara VIII Unit Rancabali Bandung Menggunakan *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA (Supriyanto, 2019).

Namun, dari hasil penelusuran pustaka menunjukkan bahwa penggunaan UV-Vis spektroskopi untuk membedakan madu asli Sumbawa dan madu yang telah dicampur dengan pemanis buatan belum pernah dilakukan. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian guna menentukan keaslian madu hutan Sumbawa dan membedakan antara madu asli hutan Sumbawa dan madu hutan Sumbawa yang telah dicampur sirup menggunakan teknologi UV-Vis spektroskopi dan metode SIMCA sehingga mampu membedakan madu hutan Sumbawa asli dan madu hutan Sumbawa yang telah dicampur dengan sirup jagung (pemanis buatan).

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sampai saat ini madu masih banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Namun karena kebutuhan akan madu meningkat, banyak orang yang menurunkan kualitas madu dengan cara memalsukan keaslian madu dengan cara pencampuran dengan bahan lain seperti pencampuran dengan jenis madu lain atau dengan gula atau pemanis buatan seperti sirup yang harganya tergolong murah. Jenis madu hutan Sumbawa banyak dilakukan pemalsuan karena jenis madu ini merupakan satu-satunya madu yang sudah mendapatkan sertifikat indikasi geografis karena kualitas yang dihasilkan oleh madu tersebut dan keahlian dari para petani madu yang sudah lama mengelola madu hutan Sumbawa. Madu hutan Sumbawa tergolong jenis madu yang mahal, kandungan air yang lebih sedikit dan merupakan jenis madu terfavorit dan terbaik dari jenis madu yang lainnya, sehingga pemalsuan ini dilakukan untuk dapat meningkatkan keuntungan yang besar bagi sektor penjual madu.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk membedakan madu hutan Sumbawa asli dan madu hutan Sumbawa campuran yang dicampur dengan sirup jagung dengan level pencampuran antara 10-60% berdasarkan data spektra di daerah UV-Vis.
2. Untuk membangun dan menguji model dengan metode SIMCA untuk menentukan keaslian madu hutan Sumbawa sehingga dapat dibedakan antara madu hutan Sumbawa asli dan madu hutan Sumbawa campuran (dioplos menggunakan sirup jagung).

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi kepada masyarakat mengenai pemalsuan sirup jagung pada madu hutan Sumbawa serta bahan referensi tentang penelitian Uji Keaslian Madu Hutan Sumbawa Dengan Teknologi UV-Vis Spektroskopi dan Metode SIMCA.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Proses penentuan keaslian madu ini hanya dilakukan pada jenis madu hutan Sumbawa.
2. Tidak dilakukan uji kimia pada sampel madu maupun sirup jagung yang digunakan.

1.6. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu teknologi UV-Vis Spektroskopi dapat membedakan madu hutan Sumbawa asli dan madu hutan Sumbawa yang dicampur sirup jagung berdasarkan kandungan spektranya menggunakan metode SIMCA (*Soft Independent Modeling of Class Analogy*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi Lebah

Serangga yang memiliki peran dalam menghasilkan madu adalah lebah madu. Lebah madu merupakan hewan penghisap nektar dari tanaman kemudian diubah menjadi madu, yang kemudian madu tersebut akan disimpan dalam sarang lebah. Menurut Sihombing (2005), lebah madu memiliki klasifikasi sebagai berikut :

Kingdom : Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Insecta
Ordo : Hymenoptera
Family : Apidae
Genus : *Apis*
Species : *Apis dorsata*

Jenis lebah penghasil madu sejati termasuk ke dalam famili *Apidae*. Lebah madu dari genus *Apis* merupakan lebah penghasil madu dan lilin (Sarwono, 2001). *Apis dorsata* merupakan lebah madu yang hidup di hutan belantara. Lebah ini berkembangbiak di wilayah subtropis dan wilayah tropis Asia seperti Indonesia, Philipina, dan negara Asia lainnya dan dapat tinggal di dataran dengan ketinggian 0-1.000 mdpl. Jenis lebah ini banyak dimanfaatkan madunya oleh berbagai daerah di Indonesia seperti Kalimantan, Sulawesi, Sumatera, dan pulau-pulau yang berada di Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara (Suranto, 2007).

2.2. Madu

Madu dapat diartikan sebagai bahan pangan yang mempunyai rasa manis dan pekat, memiliki warna emas hingga kecoklatan dengan komposisi gula yang tinggi dan sedikit lemak. Madu didapat dari lebah madu yang berasal dari sari bunga tumbuhan atau yang biasa disebut madu *blossom (floral nektar)* atau bagian lain dari tumbuhan atau *honeydew (ekstra floral)* melalui cara enzimatik yang kemudian dijadikan sebagai persediaan makanan (Bogdanov, 1997). Madu merupakan sumber stamina yang sangat bagus karena madu memiliki kandungan gula sederhana yang langsung dapat digunakan oleh tubuh, serta memiliki kandungan garam mineral dan kandungan lainnya. Selain itu, madu merupakan bahan makanan mengandung gula yang tidak memerlukan pengolahan dahulu sebelum dimanfaatkan oleh manusia (Sihombing, 1997).

Negara Asia yang mempunyai hutan tropis menghasilkan madu dengan kadar air yang cenderung tinggi karena curan hujan yang cukup tinggi disebagian besar daerah hutan tropis. Madu memiliki berbagai macam aroma, rasa, khasiat dan kegunaan sesuai dengan jenis nektar yang dihisap oleh lebah. Madu lebih banyak diketahui masyarakat berdasarkan daerah penghasil madu misalnya madu Lampung, madu Kalimantan, madu Sumbawa dan nama daerah penghasil madu lainnya. Sedangkan mutu madu bergantung pada asal nektar bunga yang dihisap oleh lebah, sehingga pemberian nama pada madu tersebut harus berdasarkan asal nektarnya seperti madu bunga Akasia, madu bunga Kelengkeng, madu hutan, madu bunga Durian, madu bunga Kopi, dan lain-lain (Sakri, 2015).

2.3. Jenis Madu

Penggolongan madu dapat didasarkan pada spesies tanaman yang menjadi sumber nektarnya. Apabila madu dari lebah yang mengambil kebutuhan pangannya dari beberapa sumber dan tanaman yang tidak berpengaruh maka disebut sebagai madu multiflora atau poliflora, sebagai contoh madu hutan di Indonesia yang mana sifat hutan di Indonesia adalah heterogen. Sedangkan, madu dari lebah yang mengambil kebutuhan pangan dari satu tanaman dominan disebut madu

uniflora. Beberapa daerah tertentu juga memiliki jenis madu bioflora yang dihasilkan dari nektar dua jenis tanaman berbeda. Lebah cenderung mengumpulkan nektar bunga hanya dari satu jenis tanaman tertentu. Namun, apabila nektar dari tanaman tertentu tersebut tidak memenuhi kebutuhan pangannya maka lebah akan mengumpulkan nektar dari jenis tanaman yang lain (Suranto, 2004).

Selain madu multiflora dan uniflora, terdapat beberapa jenis madu lainnya seperti madu *blossom* (*floral nektar*) dan madu *honeydew* (*ekstra floral*). Madu *blossom* merupakan madu yang dihasilkan oleh lebah dari nektar yang mengandung struktur botani khusus (tanaman berbunga). Sedangkan madu *honeydew* berasal dari sekresi pohon tertentu dan dari tanaman lain seperti genera *Pinus*, *Abies*, *Castanea*, dan *Quercus*. Madu *honeydew* juga bisa berasal dari sekresi serangga penghisap tumbuhan, terutama dari famili *Aphididae*. Oleh karena itu, kandungan yang terdapat pada madu juga berdasarkan asal botaninya dan juga pada daerah asal geografisnya, karena kondisi iklim dan karakteristik tanah menentukan *flora melliferous* (Iglesias *et al.*, 2004). Aroma dan rasa merupakan dua hal yang sangat diinginkan pada madu. Rasa dari madu *honeydew* lebih kuat dibandingkan dengan madu *blossom*, sedangkan aroma dari madu *honeydew* tidak semanis aroma madu *blossom* (Castro-Vazquez *et al.*, 2006).

Penerimaan madu *honeydew* dan madu *blossom* terhadap konsumen memiliki perbedaan. Di negara Eropa, banyak pasar yang berkembang untuk madu *honeydew*. Oleh sebab itu, karena terdapat perbedaan dari kedua jenis madu tersebut dituntut untuk dapat menghindari pemalsuan pada madu. Variabilitas yang luas dalam kandungan dan sifat organoleptik antara sampel dari sumber yang sama dan sering munculnya madu yang dihasilkan dari campuran madu *blossom* dan madu *honeydew* sulit dibedakan (Soria *et al.*, 2005).

2.4. Kandungan Madu

Madu banyak mengandung mineral seperti kalsium, aluminium, besi, natrium, magnesium, kalium, dan fosfor. Beberapa kandungan vitamin yang ada pada

madu ialah asam askorbat (C), thiamin (B1), niasin, biotin, riboflavin (B2), piridoksin (B6), vitamin K, asam folat, dan asam pantotenat (Suranto, 2004). Beberapa enzim yang memiliki peran penting dalam madu adalah glukosa oksidase, enzim diastase, lipase, invertase, dan peroksidase. Semua zat yang terdapat pada madu merupakan zat yang sangat bermanfaat untuk sistem metabolisme tubuh (Suranto, 2004).

Madu dapat digolongkan berdasarkan asal polennya menjadi madu NP (*natural pollen*) dan madu PS (*pollen substitute*). Madu NP atau yang sering disebut madu alami umumnya tersusun atas 17,1% air, 82,4% karbohidrat, 38 % fruktosa, 31 % glukosa, 12,9% gula lain, 0,5 % protein, asam amino, senyawa fenolik, vitamin, asam organik dan mineral (Kuntadi, 2012). Kandungan madu disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kandungan Madu (Bagdanov, 1997)

Komposisi	Rata-rata (miliequivalen)	Kisaran nilai (miliequivalen)
Fruktosa	29,2	12,2-60,7
Air	22,9	16,6 - 37
Sukrosa	13,4	1,4-53
Glukosa	18,6	6,6 – 29,3
pH	3,92	3,60-5,34
Asam bebas	41,31	10,33 – 62,21

2.5. Manfaat Madu

Secara umum madu bermanfaat untuk membentuk stamina, meningkatkan kekebalan tubuh, dan meningkatkan stamina tubuh. Beberapa jenis penyakit dapat dipulihkan menggunakan madu, seperti radang usus, hipertensi, penyakit lambung, dan jantung. Madu juga mengandung jenis zat asetil kolin yang mampu melancarkan metabolisme tubuh seperti menurunkan tekanan darah dan melancarkan peredaran darah (Suranto, 2004).

Beberapa penyakit yang mampu disembuhkan menggunakan madu selain penyakit di atas adalah sakit mata, tekanan darah rendah, tuberkulosis, sakit kepala, hepatitis, sakit saraf, infeksi saluran kemih, dan impotensi. Sedangkan penyakit di luar tubuh yang dapat disembuhkan menggunakan madu ialah sariawan, bibir pecah-pecah, luka bakar, dan penyakit kulit lain. Ibu hamil juga dapat mengonsumsi madu agar terhindar dari keracunan pada kehamilan, baik bagi perkembangan anak, dan menambah kekebalan tubuh (Suranto, 2004).

2.6. Sirup Jagung

Berdasarkan standar SNI 3544 (BSN, 2013), sirup adalah minuman yang berasal dari paduan gula dan air dengan takaran larutan gula minimum sebesar 65% dengan atau tambahan bahan lain dan tambahan bahan yang diperbolehkan sesuai aturan. Sirup jagung fruktosa tinggi atau sering disebut dengan HFCS (*high fructose corn syrup*) merupakan cairan pemanis buatan yang digunakan sebagai pengganti sukrosa dengan jagung sebagai bahan utama dan bahan kimia sebagai campuran serta enzim untuk menghidrolisis pati jagung. Pembuatan HFCS ini dengan cara hidrolisis kimia dan enzimatis pati jagung yang mempunyai amilosa dan amilopektin untuk sirup jagung sebagian besar mengandung glukosa yang diikuti dengan isomerisasi glukosa dalam sirup jagung menjadi fruktosa sehingga dihasilkan sirup jagung fruktosa tinggi atau HFCS.

HFCS memiliki tiga kategori yaitu HFCS-90 yang terdiri dari 90% fruktosa dan 10% glukosa, HFCS-42 yang terdiri dari 42% fruktosa dan 58% glukosa, dan HFCS-55 yang terdiri dari 55% fruktosa dan 45% glukosa. HFCS memiliki peran penting dalam industri olahan makanan dan minuman seperti makanan ringan dan buah serta pembuatan yogurt dan roti. HFCS ini memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan sukrosa dalam olahan makanan dan minuman, yang membuat HFCS menarik yaitu rasa manisnya, keasaman, kelarutan serta harganya yang tergolong murah. HFCS ini banyak sekali diproduksi di Amerika Serikat (AS) sebagai campuran makanan dan minuman (Parker *et al.*, 2010).

2.7. UV-Vis Spektroskopi

Spektrofotometri adalah cara analisis berdasarkan absorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu yang melewati larutan dengan besaran konsentrasi yang telah ditentukan. Spektrofotometer merupakan perangkat yang fungsinya didasarkan pada kaidah spektrofotometri. Spektrofotometer adalah dua alat yang digabungkan menjadi satu dan terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer memberikan luaran berupa cahaya spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang masuk atau diteruskan (Gholib, 2007). Menurut Penner (2010), ilmu spektroskopi memiliki hubungan dengan proses memproduksi, mengukur, dan menginterpretasikan spektrum atau spektra yang timbul dari adanya interaksi antara radiasi gelombang elektromagnetik dengan materi. Kemudian, menurut Ball (2006), ilmu spektroskopi merupakan ilmu yang mempelajari tentang materi yang menggunakan radiasi elektromagnetik.

Metode spektroskopi sangat informatif dan banyak digunakan dalam analisis kualitatif maupun analisis kuantitatif. Metode spektroskopi berdasarkan penyerapan atau pancaran radiasi gelombang elektromagnetik di daerah ultraviolet (UV), cahaya tampak (*visible*), infra merah/*infrared* (IR) dan gelombang radio (rentang frekuensi *magnetic resonance*, NMR) merupakan metode spektroskopi yang sering ditemui dalam analisis pangan.

Spektrometer UV-Vis adalah gabungan antara spektrometer ultraviolet dan visibel yang memakai dua buah sumber cahaya berbeda, yaitu sumber cahaya dari ultraviolet dan cahaya *visible*. Dalam sistem spektrometer, UV-Vis sangat banyak digunakan karena penggunaannya yang mudah dan mampu digunakan bagi sampel berwarna ataupun sampel yang tidak berwarna. Spektrometer mengukur serapan cahaya di daerah ultraviolet (200-350 nm) dan sinar tampak (350-800 nm) oleh suatu senyawa. Serapan cahaya UV maupun cahaya *visible* mengakibatkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi (Apratiwi, 2016).

UV-Vis spektroskopi memiliki beberapa komponen utama yaitu :

1. Lampu xenon merupakan sumber cahaya yang digunakan pada UV-Vis spektrofotometer.
2. Monokromator digunakan untuk pemecah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis menggunakan alat berupa grating (kisi difraksi). Kisi difraksi memberi keuntungan lebih bagi proses spektroskopi. Dispersi sinar akan disebarkan merata, dengan pendispersi yang sama, hasil dispersi akan lebih baik. Selain itu kisi difraksi dapat digunakan dalam seluruh jangkauan spektrum.
3. Kuvet di daerah pengukuran panjang gelombang UV menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini. Tebal kuvet pada umumnya 10 mm, akan tetapi lebih tebal ataupun lebih tipis juga dapat digunakan.
4. Detektor berfungsi untuk menerima sinyal dan memberikan sinyal terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang. Detektor yang digunakan dalam penelitian ini adalah *silicon photodiodes*.
5. Amplifier dibutuhkan pada saat sinyal listrik elektronik yang dialirkan setelah melewati detektor. Amplifier berfungsi untuk menguatkan sinyal sehingga menyebabkan luaran yang cukup besar untuk dapat dideteksi oleh suatu alat pengukur (Mulja, 1995).

Prinsip kerja dari metode ini adalah jumlah cahaya yang diserap oleh larutan sama dengan konsentrasi kontaminan dalam larutan. Prinsip ini dipaparkan dalam Lambert-Beer yang merupakan hubungan linieritas antara absorban dengan konsentrasi larutan analit (Dachriyanus, 2004).

2.8. Metode Kemometrika

Metode kemometrika merupakan multidisiplin 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 informasi

merupakan pemodelan metode kemometrika. Variabel-variabel baru selanjutnya diperuntukkan bagi pemecahan masalah dan tampilan, yaitu pengelompokan hubungan dan mengontrol grafik. PCA atau (*principal component analysis*) adalah sebuah transformasi linier yang digunakan untuk menarik fitur dari data pada sebuah skala berdimensi tinggi. PCA memproyeksi data ke dalam *subspace*. Metode PCA mampu menurunkan ukuran data tanpa ada informasi penting yang hilang dari data tersebut (Ronggo *et al.*, 2007).

2.8.1. *Principal Component Analysis (PCA)*

Principal component analysis (PCA) merupakan salah satu cara guna menurunkan jumlah peubah dalam suatu atrik data. Prinsip program PCA adalah mencari bagian pokok berupa gabungan linier dari peubah asli. PCA digunakan untuk mengimplementasikan sampel dengan cara menjadikan kelompok yang umum, melakukan pemodelan data, mengetahui adanya pencilan, dan menyeleksi peubah untuk diklasifikasikan atau melakukan pemodelan bagian pokok yang dipilih sedemikian rupa sehingga variasi terbesar dimiliki oleh komponen utama tersebut dalam suatu set data, kemudian untuk komponen garis kedua tegak lurus terhadap komponen pertama dan memiliki variasi terbesar. Pada umumnya, dua bagian pokok ini berfungsi sebagai bidang proyeksi utama dalam pemeriksaan visual data multivariat (Miller dan Miller, 2000).

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

Soft independent modeling of class analogy (SIMCA) adalah metode analisis multivariat yang memiliki fungsi sebagai penguji kekuatan pengelompokan dan diskriminasi sampel. SIMCA digunakan untuk menetapkan sampel ke dalam kelas yang tersedia dengan tepat. Metode klasifikasi didasarkan pada pembentukan model PCA untuk masing-masing kelas dan mengelompokkan untuk tiap sampel pada masing-masing model PCA. Luaran dari SIMCA berupa tabel pengelompokan dimana sampel dapat dikelompokkan dalam satu, beberapa kelas, atau tidak dikelompokkan ke dalam kelas manapun (Nurchahyo, 2015).

Pembuatan dan pemodelan yang dibangun dengan program *soft independent modeling of class analogy* (SIMCA), SIMCA juga termasuk ke dalam PCA tetapi mempunyai nilai sensitivitas pembacaan data yang lebih besar (*supervised*).

Langkah yang dilakukan untuk menerapkan SIMCA yaitu dengan dilakukannya pelepasan PCA di tiap kelas pada data set dan pada jumlah yang layak. Bagian utama dipertahankan untuk beberapa variasi data pada tiap-tiap kelas.

Pengelompokan di dalam SIMCA dilakukan dengan membandingkan variasi residual dari sampel dengan rata-rata residual varian sampel yang membentuk kelas. Perbandingan ini memberikan ukuran langsung dari kesamaan sampel untuk kelas tertentu dan dapat dianggap sebagai ukuran *goodness of fit* dari sampel untuk model kelas tertentu (Lavine, 2009).

2.8.3. Matriks Konfusi (*Confusion Matrix*)

Menurut Lavine (2009), matriks konfusi adalah daftar yang mencatat hasil kerja pengelompokan dari pengolahan suatu data dengan SIMCA. Matriks konfusi memiliki kegunaan untuk melaksanakan pengujian dan memprediksi objek yang tepat atau tidak. Matriks konfusi mempunyai sejumlah rumus luaran yaitu akurasi, sensitivitas, spesifisitas dan *error rate*. Keempat luaran tersebut dapat dituliskan secara matematik sebagai berikut :

Tabel 2. Matriks Konfusi

	Kelas A (aktual)	Kelas B (aktual)
Kelas A (hasil model SIMCA A)	a (TP)	b (FP)
Kelas B (hasil model SIMCA B)	c (FN)	d (TN)

Perhitungan :

$$1. \quad \text{Akurasi (AC)} \quad : \quad \frac{a+d}{a+b+c+d} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$2. \quad \text{Sensitivitas (S)} \quad : \quad \frac{b}{b+d} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$3. \quad \text{Spesifisitas (SP)} \quad : \quad \frac{a}{a+c} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$4. \quad \text{Error rate} \quad : \quad \frac{b+c}{a+d+b+c} \quad (\text{Faisal, 2019}) \quad \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

a adalah sampel kelas A yang masuk ke dalam kelas A atau yang biasa dikenal dengan sampel *True Positive* (TP)

b adalah sampel kelas A yang masuk ke dalam kelas B atau biasa dikenal juga dengan sebutan *False Positive* (FP)

c adalah sampel kelas B yang masuk ke dalam kelas A atau juga biasa dikenal sebagai sampel *False Negative* (FN)

d adalah sampel kelas B yang masuk ke dalam kelas B atau biasa dikenal dengan sebutan *True Negative* (TN)

Kelas A : Kelas sampel madu hutan Sumbawa murni/asli

Kelas B : Kelas sampel madu hutan Sumbawa dengan campuran sirup jagung

Nilai akurasi menunjukkan keakuratan model yang dibangun. Sensitivitas menunjukkan kesanggupan model untuk tidak menerima sampel yang bukan kelasnya, semakin tinggi nilai sensitivitas maka model yang dibangun semakin mengenali karakteristik sampel. Spesifisitas merupakan kemampuan model untuk mengerahkan sampel masuk ke dalam kelasnya secara benar. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas maka model yang dibangun semakin tangguh. Sedangkan nilai *error rate* menunjukkan tingkat kesalahan dalam klasifikasi model yang dibangun. Semakin rendah nilai *error rate* maka model semakin baik (Apratiwi, 2016).

2.8.4. Pretreatment

Guna memperoleh model yang lebih akurat, diperlukan perlakuan *pretreatment* spektra. Perlakuan ini digunakan untuk mengurangi pengaruh interferensi gelombang dan *noises* pada data spektra yang telah didapat. Data spektra terlebih dahulu akan mendapat perlakuan *pretreatment* baik data kalibrasi maupun prediksi, sebelum pengembangan model analisis dilakukan. Ada 6 metode *pretreatment* yang dapat digunakan untuk memperbaiki spektra, yaitu sebagai berikut (Prieto, 2017., Kusumaningrum *et al.*, 2017).

a. Smoothing Moving Average

Smoothing moving average adalah cara yang kerap dipakai untuk menghilangkan *noise*. Untuk melakukan penghilangan *noise*, pada umumnya *smoothing moving average*, dikombinasikan dengan metode lain pengolah awal data. Berikut persamaan dalam metode *smoothing moving average*.

$$S_j = \frac{Y_{j-1} + Y_j + Y_{j+1}}{3} \dots\dots\dots (5)$$

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 digunakan untuk segmen = 3, di mana pembagi dan penyebut dapat berubah sesuai dengan segmen yang dibuat. Hasil dari *smoothing moving average* akan terpusat di tengah karena jumlah segmen adalah bilangan ganjil.

b. Standar Normal Variate (SNV)

Metode SNV adalah cara transformasi guna menghilangkan *scatter effects* dari spektrum dengan memusatkan dan menskala spektrum 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. Metode SNV memiliki rumus persamaan sebagai berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^k (i_k - x_i)^2}{K-1}} \dots\dots\dots (6)$$

$$\bar{x}_k = \frac{X_k - \text{mean}(x)}{SD(x)} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

SD : 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

c. *Multiplicative Scatter Correction (MSC)*

Metode MSC merupakan pendekatan untuk mengurangi *amplification* (*multiplicative, scattering*) efek dispektrum. *Multiplicative scatter correction* (MSC) memiliki kegunaan 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.

$$X_{org} = a_i + b_i x_j + e_i \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$f(x) = \frac{X_{org} - a_i}{b_i} \quad \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

- $f(x)$: Nilai dari spektrum yang dikoreksi (matriks data).
 X_{org} : Nilai dari spektra asli
 \bar{x}_j : Nilai dari spektrum rata-rata
 e_i : Nilai eror
 a_i : Nilai intersep
 b_i : Nilai slope
 i : Indeks sampel
 j : Indeks panjang gelombang

Mencari nilai MSC dapat dilakukan dengan cara mencari koefisien regresi terlebih dahulu yaitu a_i dan b_i , yang didapat dari persamaan regresi tiap sampel pada grafik linier yang dibuat dan menunjukkan persamaan $y = a + bx$ pada sampel i . Setelah koefisien regresi diperoleh, maka dilakukan perhitungan MSC menggunakan persamaan di atas.

d. Savitzky-Golay Differentiation

Digunakan untuk menghilangkan *background* dan meningkatkan resolusi spektra. *Diferensiasi Savitzky-Golay* biasanya fokus pada diferensiasi pertama. Untuk penghapusan *offset* dapat dilakukan pada turunan pertama 1st, sementara itu pada derivative kedua 2nd digunakan untuk menghilangkan *offset* dan *baseline*. Berikut merupakan rumus dari diferensiasi.

$$X_j = \frac{1}{N} \sum_h^k = -k^{C_j X_j} + h \quad \dots\dots\dots(10)$$

e. Mean Normalization (MN)

Mean normalization bekerja dengan cara mentransformasikan titik suatu spektra dalam sebuah unit dan semua data didekati dalam skala yang sama. Metode *mean centering* digunakan untuk menghitung jumlah data spektrum yang diperoleh dari data spektrum dibagi nilai rata-rata spektrum dalam satu baris pada data pengamatan. Rumus dari *pretreatment mean normalization* adalah.

$$f(x) = \frac{x}{\text{mean}(x)} \quad \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

- f(x) : 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.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

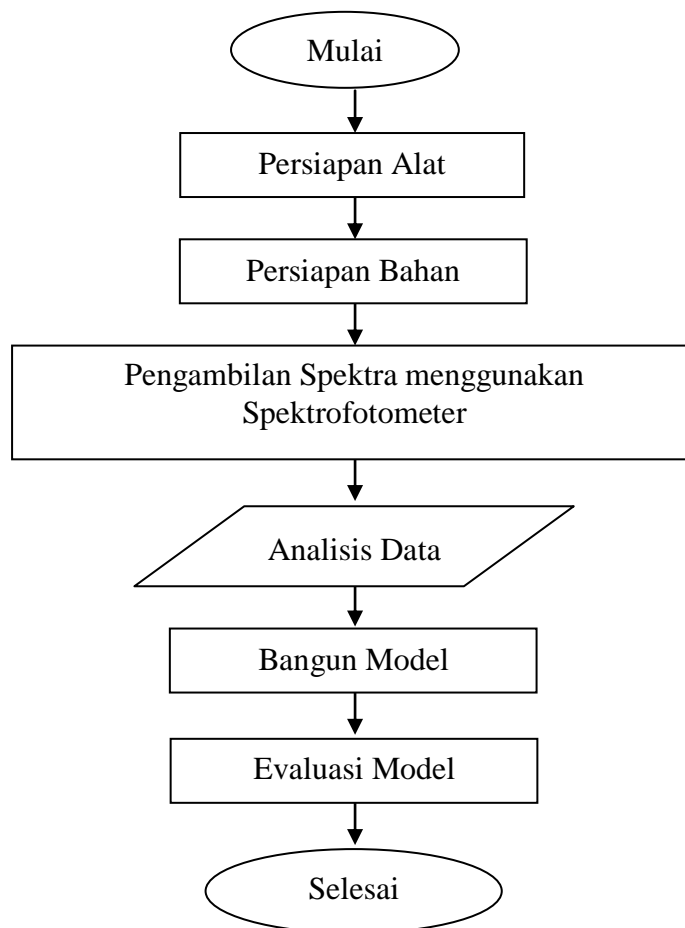
Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2020 sampai Januari 2021 (pengambilan data spektra) di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen Pertanian (Lab. RBPP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah UV-Vis spektroskopi jenis *Genesys 10S UV-Vis (Thermo Electron Instrumen, USA)*, *flashdisk*, komputer, kuvet, *waterbath*, pipet ukur, gelas beker, erlenmeyer, gelas ukur, *magnetic stirrer (CiblancTM, Cina)*, dan tisu. Bahan yang digunakan adalah madu hutan Sumbawa sebanyak 10 ml, 9 ml, 8 ml, 7 ml, 6 ml, 5 ml, dan 4 ml, sirup jagung sebanyak 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml, 5 ml, dan 6 ml, dan *aquades*.

3.3. Prosedur Penelitian

Hal yang perlu dilakukan dalam penelitian ini adalah mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan, kemudian dilakukan ekstraksi madu diantaranya pemanasan madu, pencampuran pemanis buatan, pengenceran dan pengadukan. Setelah dilakukannya pengadukan, selanjutnya dilakukan pengambilan spektra dengan spektrometer, membuat model dan mengujinya. Prosedur penelitian dapat dilihat dari diagram alir yang disajikan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Penelitian (Firmansyah, 2019).

3.4. Pembuatan Larutan

Beberapa proses yang harus dilakukan pada madu adalah :

3.4.1. Pemanasan Madu

Madu yang akan dianalisis dipanaskan terlebih dahulu untuk memperoleh perlakuan panas secara tidak langsung. Cara yang digunakan yaitu sampel madu dimasukkan ke dalam 10 ml wadah kemudian dipanaskan menggunakan *waterbath* dengan temperatur 60°C selama 30 menit untuk menghilangkan bagian madu yang terdapat kristalisasi (Frausto-Reyes, 2017). Suhu 60°C merupakan suhu yang paling rendah dibandingkan dengan suhu untuk melakukan pasteurisasi

pada madu. Selanjutnya sampel madu diletakkan pada suhu kamar sampai dingin. Proses pemanasan madu dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Proses Pemanasan Madu Menggunakan *Waterbath*.

3.4.2. Pencampuran Pemanis Buatan (Sirup Jagung)

Setelah madu selesai dipanaskan dan didiamkan pada suhu kamar, madu tersebut dicampurkan dengan pemanis buatan. Level pencampuran yang digunakan yaitu sebesar 10-60%. Proses pencampuran madu dengan sirup jagung disajikan dalam Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Proses Pencampuran Pemanis Buatan (Sirup Jagung).

3.4.3. Pengenceran

Madu yang telah dicampur dengan sirup jagung kemudian sampel diencerkan dengan *aquades* pada perbandingan 1:30 (ml:ml), perbandingan pengenceran ini didapat pada saat melakukan pra penelitian, yang mana grafik spektra yang diperoleh dengan hasil terbaik pada pengenceran 1:30 (ml:ml). Proses pengenceran sampel dengan *aquades* disajikan pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Proses Pengenceran dengan *Aquades*.

3.4.4. Pengadukan

Madu yang sudah diencerkan menggunakan *aquades* kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* (Ciblanc, TM, Cina) dengan waktu 10 menit pada kecepatan 350 rpm untuk menghomogenkan campuran bahan. Proses pengadukan disajikan pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Proses Pengadukan dengan *Magnetic Stirrer*.

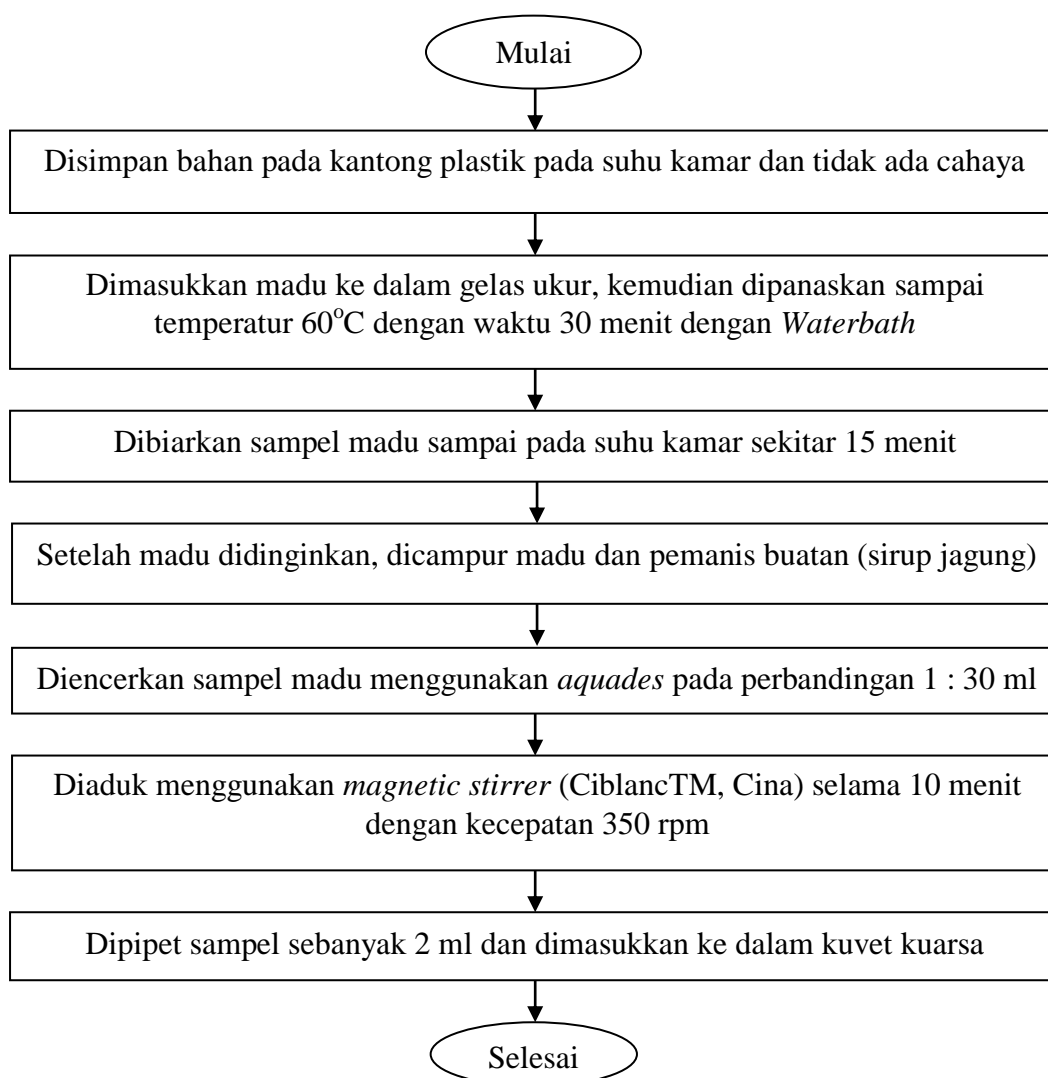
3.4.5. Persiapan Sampel

Sampel madu diberikan label penomoran terlebih dahulu dengan level perbandingan yang digunakan. Penomoran sampel disajikan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Pemberian Nomor Sampel

No. Sampel	Komposisi Bahan
1-20	10 ml Madu + 0 ml sirup jagung (MS)
21-40	9 ml Madu + 1 ml sirup jagung (MC10%)
41-60	8 ml Madu + 2 ml sirup jagung (MC20%)
61-80	7 ml Madu + 3 ml sirup jagung (MC30%)
81-100	6 ml Madu + 4 ml sirup jagung (MC40%)
101-120	5 ml Madu + 5 ml sirup jagung (MC50%)
121-140	4 ml Madu + 6 ml sirup jagung (MC60%)
140-160	Sirup jagung (SJ)

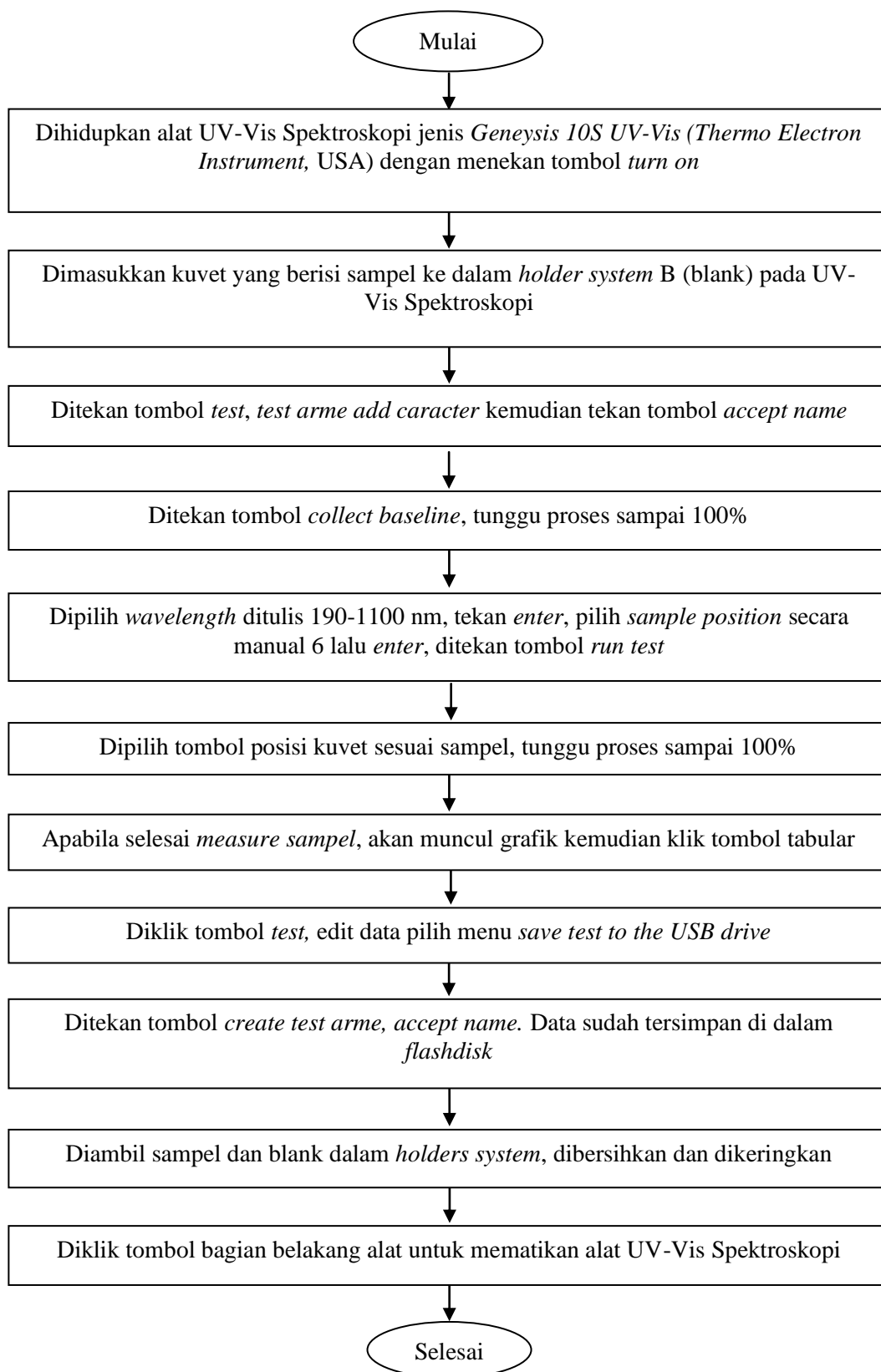
Sampel yang digunakan sebanyak 160 sampel dengan 2 kali ulangan. Bahan yang telah dihomogenkan kemudian diambil menggunakan pipet sebanyak 2 ml lalu dimasukkan ke kuvet kuarsa. Persiapan bahan dari penelitian ini terdapat pada diagram alir Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Diagram Alir Persiapan Bahan (dimodifikasi dari Firmansyah, 2019).

3.5. Pengambilan Spektra Menggunakan UV-Vis Spektroskopi

Sampel yang sudah dimasukkan ke dalam kuvet kuarsa kemudian dimasukkan dalam sistem *holder* dan diukur nilai absorbannya selama 2 menit. Langkah-langkah pengambilan spektra dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Diagram Proses Pengambilan Spektra (Firmansyah, 2019).

Proses pengambilan spektra menggunakan UV-Vis spektroskopi dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Proses Pengambilan Spektra Menggunakan UV-Vis Spektroskopi dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm.

3.6. Membuat dan Menguji Model

Nilai absorbans yang telah diambil selanjutnya akan dibuat dan diuji model dengan perangkat lunak *The Unscrambler* versi 10.4 dengan metode SIMCA.

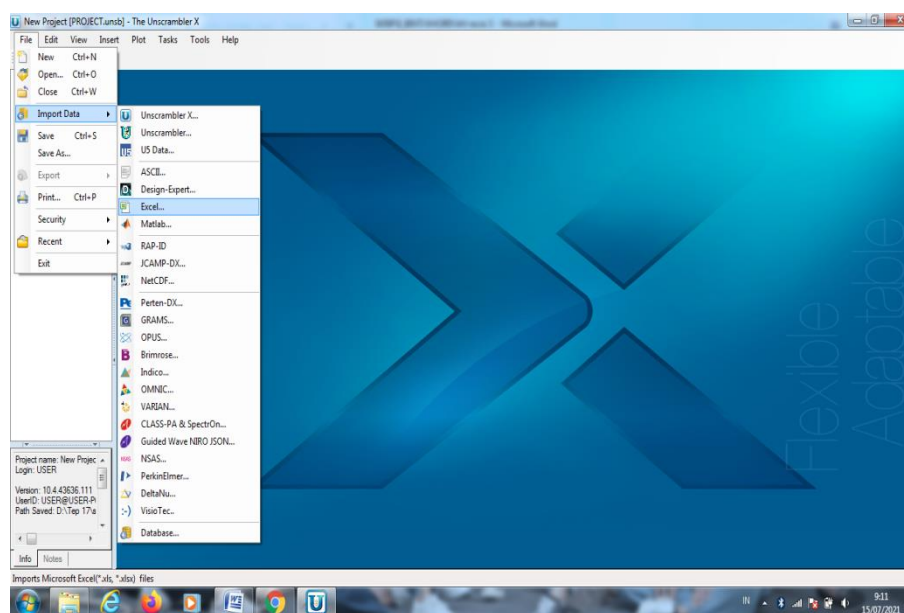
3.7. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mendeteksi pola sampel menggunakan perangkat lunak *The Unscrambler* versi 10.4. Pengembangan model kalibrasi dilakukan dengan metode *principal component analysis* (PCA) dan *soft independent modeling of class analogy* (SIMCA). Nilai absorbans sampel yang telah diperoleh selanjutnya digabungkan menjadi satu dalam *microsoft excel* yang kemudian dianalisis menggunakan aplikasi *The Unscrambler* versi 10.4. Sampel akan dibagi menjadi sampel kalibrasi, validasi, dan sampel prediksi. Sampel kalibrasi digunakan untuk membuat model SIMCA, sampel validasi digunakan untuk

menguji model tersebut. Setelah hasil klasifikasi dari pengujian model didapatkan kemudian dilakukan perhitungan menggunakan matriks konfusi.

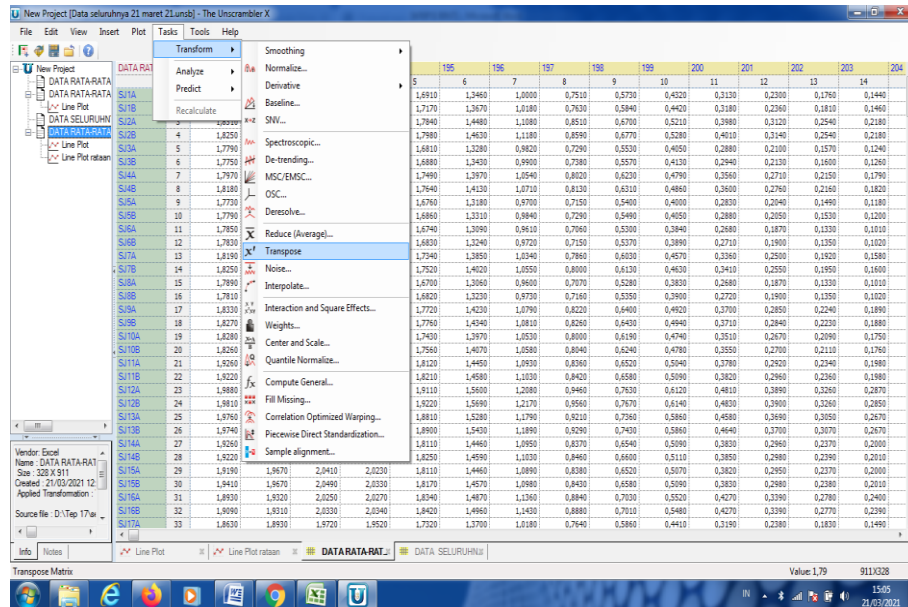
3.8. Principal Component Analysis (PCA)

Data yang telah diambil nilai absorbannya dari UV-Vis Spektroskopi yaitu sampel madu hutan Sumbawa asli dan sampel madu hutan Sumbawa campuran. Cara melakukan analisis menggunakan *The Unscrambler* versi 10.4 yaitu dibuka dahulu aplikasi tersebut kemudian setelah aplikasi terbuka klik file pilih *import data* lalu kemudian pilih format *excel* untuk memasukkan file yang akan dianalisis. Langkah dalam meng *import* data ke *The Unscrambler* versi 10.4 disajikan pada Gambar 10 di bawah ini.



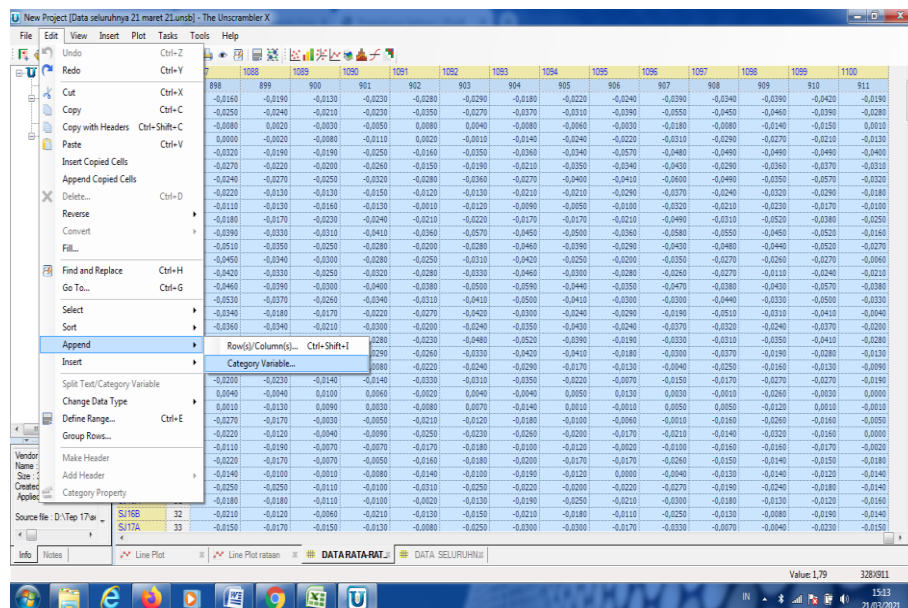
Gambar 10. Langkah Mengimport Data ke *The Unscrambler* versi 10.4.

Kemudian setelah data muncul pada jendela *The Unscrambler*, selanjutnya data tersebut di *transpose* dengan perintah klik menu *task* pilih *transform* lalu pilih *transpose*. Langkah tersebut disajikan pada Gambar 11 di bawah ini.



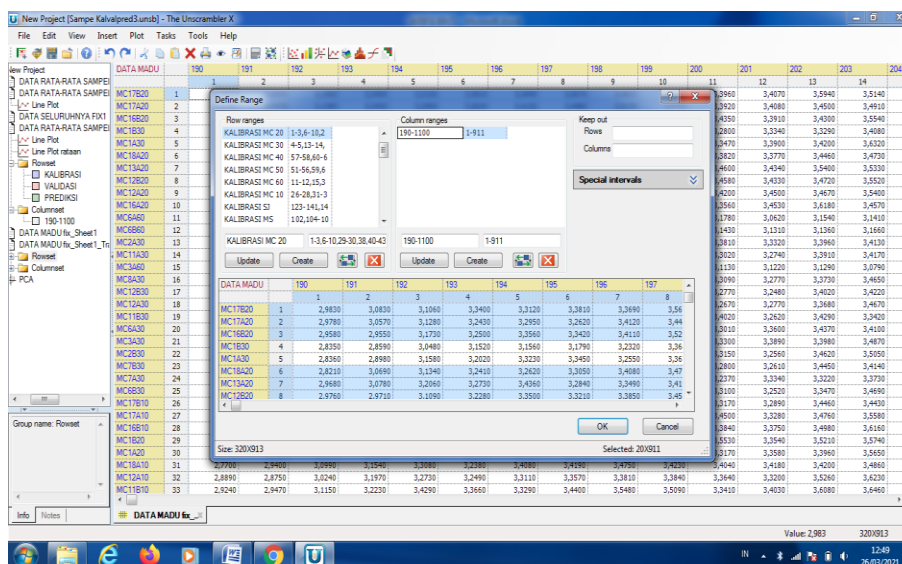
Gambar 11. Langkah *Transpose* Data ke *The Unscrambler* versi 10.4.

Sebelum mencari nilai PCA pada *The Unscrambler* pertama-tama dilakukan beberapa tahap yaitu klik menu *Edit* pilih *Append* pilih *Category Variable*, kemudian isi *Category Variable Name* dengan “JENIS MADU” pilih *Next* dan isi *Level Name* dengan Madu Sumbawa asli dan Madu Sumbawa Campuran. Langkah tersebut disajikan pada Gambar 12 di bawah ini.



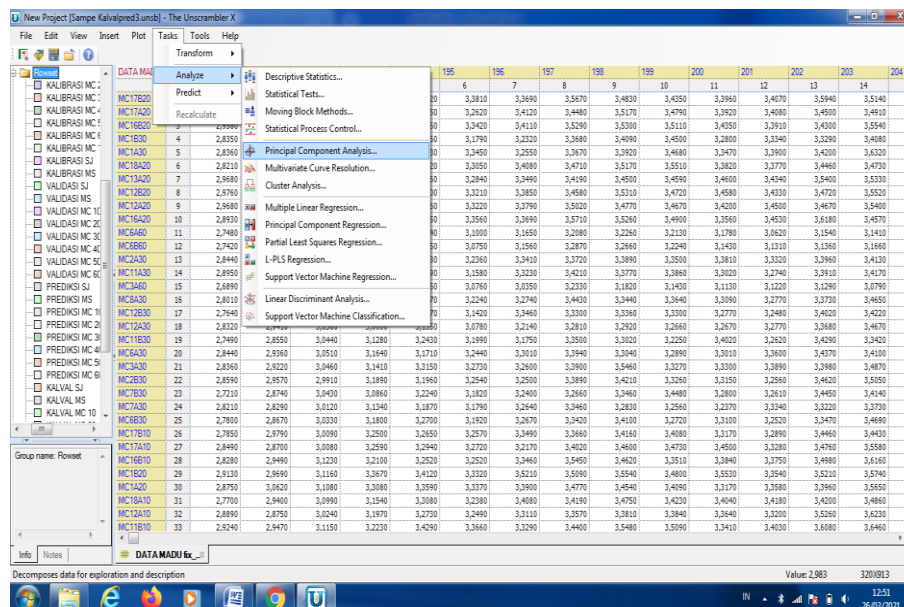
Gambar 12. Langkah Membuat Kolom *Category Variable*.

Kemudian klik pada kolom JENIS MADU dan diisi masing-masing baris sesuai jenis madu. Sebelum data dianalisis dengan PCA data dikelompokkan sesuai kategori sampel dan variabel. Pengelompokkan dilakukan dengan klik menu edit kemudian klik *define ranges* kemudian isi *rowset* dengan nama kalibrasi, validasi, dan prediksi dari jenis madu dan *column set* dengan jumlah *wavelength*. Langkah tersebut disajikan pada Gambar 13 di bawah ini.



Gambar 13. Tampilan Menu *Define Ranges*.

Setelah data selesai diklasifikasi sesuai jenis madu, kemudian ditambahkan kolom *category variable*, lalu diisi dengan KALVALPRED (Kalibrasi, Validasi dan Prediksi) dengan jumlah 140 sampel kalibrasi, 84 sampel validasi, dan 56 sampel prediksi yang kemudian dianalisis menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dengan cara pilih menu *task*, pilih *Principal Component Analysis* (PCA), klik menu *Task* pilih PCA lalu pilih *validasi test set*, pilih *Set up* dan dipilih diisi dengan jumlah data validasi pada sampel. Langkah dalam menganalisis PCA dapat dilihat pada Gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Langkah PCA Pada *The Unscrambler 10.4*.

3.9. Membuat Model Menggunakan Analisis *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA)

Setelah hasil diskriminasi PCA diperoleh dan didapat hasil yang bagus, maka langkah selanjutnya adalah membangun model *Soft Independent Modeling of Class Analogy* (SIMCA). 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 yang diperoleh dari SIMCA adalah berupa tabel klasifikasi di mana sampel dapat diklasifikasikan dalam satu, beberapa kelas, atau tidak terklasifikasikan ke dalam kelas manapun. Sampel madu yang digunakan untuk membuat model SIMCA dibagi menjadi 3 bagian yaitu untuk kalibrasi, validasi dan prediksi. Kalibrasi adalah sampel madu yang akan digunakan untuk membuat model SIMCA, validasi digunakan untuk mengecek kembali model yang digunakan, dan prediksi adalah sampel madu yang akan digunakan untuk menguji model yang sudah dibuat dari sampel kalibrasi dan validasi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Secara umum spektra madu hutan Sumbawa Asli (MS) dan madu hutan Sumbawa campuran (MC) berbeda dari nilai intensitas absorbans yang dihasilkan, yaitu semakin tinggi campuran sirup jagung maka semakin rendah nilai absorbans yang diperoleh.
2. Hasil analisis PCA pada data spektra original sampel MS dan MC sudah terpisah dengan baik dengan nilai PC-1 sebesar 98% dan PC-2 sebesar 1% dan dapat menunjukkan keragaman varian data sebesar 99%, sedangkan pada perlakuan MSC + *smoothing moving average 5S* hasil PCA sampel MS dan MC yang diperoleh juga sudah terpisah dengan baik dengan nilai PC-1 sebesar 97% dan PC-2 sebesar 3% dan dapat menunjukkan keragaman varian data sebesar 100%.
3. Model SIMCA yang dibangun menggunakan data spektra original untuk sampel MS diperoleh nilai PC-1 sebesar 35% dan PC-2 sebesar 20% dan apabila dijumlahkan sebesar 55%, sedangkan sampel MC diperoleh nilai PC-1 sebesar 98% dan PC-2 sebesar 1% dan apabila dijumlahkan sebesar 99%. Pada perlakuan MSC + *smoothing moving average 5S* diperoleh nilai untuk sampel MS dengan PC-1 sebesar 61% dan PC-2 sebesar 8% dan apabila dijumlahkan sebesar 69%, sedangkan sampel MC diperoleh nilai PC-1 sebesar 97% dan PC-2 sebesar 2% dan apabila dijumlahkan sebesar 99%.
4. Hasil klasifikasi SIMCA MS dan MC menggunakan sampel prediksi dengan level signifikan 5% dan digunakan untuk perhitungan matriks konfusi. Berdasarkan hasil klasifikasi SIMCA MS dan MC menggunakan data

spektra original dan data spektra dengan perlakuan MSC + *smoothing moving average 5S* diperoleh nilai akurasi sebesar 100%, sensitivitas 100%, spesifisitas 100%, dan *error rate* 0%.

5. Hubungan tingkat sensitivitas dan spesifisitas ditunjukkan dengan gambar kurva ROC yang menggunakan beberapa level signifikan yaitu 0,1%, 0,5%, 1%, 5%, 10%, dan 25% untuk sampel MS dan MC. Pada data spektra original dan data spektra dengan perlakuan MSC + *smoothing moving average 5S* diperoleh nilai sebesar 1 dan dinyatakan sebagai klasifikasi yang sangat baik atau *excellent classification*.
6. Teknologi UV-Vis Spektroskopi dan metode SIMCA dapat digunakan untuk membedakan jenis madu hutan Sumbawa asli dan madu hutan Sumbawa campuran. Metode SIMCA yang dibangun dapat mengelompokkan sampel yang diuji, sehingga sampel dapat masuk ke dalam kelas yang sesuai.

5.2. Saran

Pada penelitian ini, peneliti menyarankan :

1. Melakukan penelitian lanjutan untuk membedakan madu hutan Sumbawa asli dan madu hutan Sumbawa campuran dengan meneliti kandungan kimia pada madu.
2. Melakukan penelitian untuk membedakan madu hutan Sumbawa asli dan madu hutan Sumbawa campuran dengan jenis campuran atau sirup yang berbeda dengan level campuran yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Al Zulfa, M. H. 2019. Studi Diskriminasi Teh Hijau dan Teh Hitam di PT. Pagilaran Batang Menggunakan Uji Sensori dan Metode *UV-Vis Spectroscopy*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandarlampung. 79 hlm.
- Andriyani, M. 2019. Penggunaan *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA untuk Diskriminasi Tiga Kopi Robusta Lampung Berdasarkan Jenis Pupuk. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandarlampung. 114 hlm.
- Apratiwi, N. 2016. Studi Penggunaan *UV-Vis Spectroscopy* Untuk Identifikasi Campuran Kopi Luwak dengan Kopi Arabika. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandarlampung. 105 hlm.
- Ball, D. W. 2006. *Field Guide to Spectroscopy*. SPIE Press. Bellingham, WA. USA. 124 hlm.
- Bogdanov, S. 1997. Nature and Origin of The Antibacterial Substance in Honey. *LWT-Food Science and Technology*. 30 : 748-754 hlm.
- Castro-Vázquez, L., Díaz-Maroto, M. C. & Pérez-Coello, M. S. 2006. Volatile Composition and contribution to the aroma of spanish honeydew honeys. Identification of a new chemical marker. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(13): 4809-4813 hlm.
- Citrasari, D. 2015. Penentuan Adulterasi Daging Babi pada Nugget Ayam Menggunakan NIR dan Kemometrik. (Skripsi). Universitas Jember. Jember. 69 hlm.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik secara Spektroskopi*. LPTIK Universitas Andalas. Padang. 92 hlm.

- Darmawan, A., Jasmi., Zeswita, A.L. 2014. Studi Populasi *Apis Cerana* (Hymenoptera: Apidae) pada Kebun Campur di Desa Pagar Puding Kecamatan Tebo Ulu Kabupaten Tebo Provinsi Jambi. (Artikel). Pendidikan Biologi STKIP PGRI. Sumatera Barat. 6 hlm.
- Da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O., Fett, R. 2015. Honey Chemical Composition, Stability and Authenticity. *Food Chemistry*. 196 (4) : 309-323 hlm.
- Faisal, M., & Nugrahadi, D. 2019. *Belajar Data Science Klasifikasi dengan Bahasa Pemrograman R*. Scripta Cendekia. Banjarbaru, Kalimantan Selatan. 270 hlm.
- Firmansyah, R. 2019. Penggunaan UV-Vis Spektroskopi dan Metode SIMCA untuk Identifikasi Madu Lebah Hutan (*Apis dorsata*) Berdasarkan Sumber Nektar. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 175 hlm.
- Frausto-Reyes, -C., Casillas-Peñuelas, -R., Quintanar-Stephano, J, -L., MacíasLópez, -E., Bujdud-Pérez, J, -M., Medina-Ramírez, -I., 2017. Spectroscopic study of honey from *Apis mellifera* from different regions in Mexico. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 178, 212–217 hlm.
- Gholib, I. 2007. *Pengantar Kimia Farmasi*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta. 485 hlm.
- Hartono, P. 2021. Penggunaan *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA untuk Diskriminasi Madu Kelengkeng dan Madu Karet PT Madu Pramuka. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 183 hlm.
- Iglesias, M., De Lorenzo, C., Polo, M., Martin-Alvarez, P. & Pueyo, E. 2004. Usefulness of amino acid composition to discriminate between honeydew and floral honeys. Application to honeys from a small geographic area. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(1):84-89 hlm.
- Jarvis, M. D. C. 1995. *Pengobatan Tradisional dengan Madu dan Apel / Folk Medicine*. Pionir Jaya. Bandung.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. *Jumlah Hutan Indonesia*. Republik Indonesia.

- Kuntadi. 2012. Budidaya Lebah Madu *Apis mellifera* L. oleh Masyarakat Pedesaan Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 9(4):351-361 hlm.
- 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 Spektroskopi. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 98(5):1734-1742 hlm.
- Kuswara, A. W. 2021. Penggunaan Teknologi *UV-Vis Spectroscopy* Dan Metode Simca Untuk Membedakan Kopi Liberika Tungkal Jambi, Meranti Riau Dan Probolinggo Jawa Timur. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 143 hlm.
- Lavine, B.K. 2009. Validation of classifiers. In: Walczak, B., Tauler, R., and Brown, S. (eds.). *Comprehensive Chemometric : Chemical and Biochemical Data Analysis*. 587-599 hlm.
- Miller, J.N., and Miller, J.C. 2000. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry, 4th Edition. *Pearson Education*. Harlow. 271 hlm.
- Mulja, M. 1995. *Aplikasi Instrumental*. Universitas Airlangga Press. Surabaya. 19-48 hlm.
- Nurchahyo, B. 2015. Identifikasi dan Autentikasi Meniran (*Phyllanthus Niruri*) Menggunakan Spektrum Ultraviolet Tampak dan Kemometrika. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 41 hlm.
- Ouchemoukh, S., Louaileche, H., and Schweitzer, P. 2017. Physicochemical characteristics and Pollen Spectrum of Same Algerian Honeys. *Food Control*. 18(1) : 52-58 hlm.
- Parker, K., Salas, M., and Nwosu, V. 2010. High Fructose Corn Syrup : Production Uses And Public Health Concern. USA Department of Biology, College of Science and Technology, North Carolina Central University. 8 hlm.
- Penner, M. H. 2010. Basic Principles of Spectroscopy. *Food Analysis*. 375-385 hlm.

- Prieto, B.G. 2017. Novel Variable Influence on Projection (VIP) Methods in OPLS, O2PLS, and On PLS Models for Single and Multiblock Variable Selection. Thesis. Department of Chemistry Industrial Doctoral School, Umeå University. Sweden. 120 hlm.
- Purbaya, J. R. 2002. *Mengenal dan Memanfaatkan Khasiat Madu Alami*. Pionir Jaya. Bandung. 127 hlm.
- Ronggo, Y., Chalus, P., Maurer, L., and Martinez, C. L. 2007. A Review of Near Infrared Spektroskopi and Chemometrics in Pharmaceutical Technologies. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 44 (1) : 683–700 hlm.
- Sari, M., Nasution, I.S., Zulfahrizal. 2019. Prediksi Kadar Air Gabah Menggunakan *Near Infrared Reflection Spektroskopi* (NIRS) dengan Metode PCR (*Pretreatment MSC, 2nd Derivative, De-trending*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 4(1) : 568-576 hlm.
- Sarwono, B. 2001. *Kiat Mengatasi Permasalahan Praktis Lebah Madu*. Agromedia Pustaka. Tangerang.
- Sakri, F. M. 2015. *Madu dan Khasiatnya : Suplement Sehat Tanpa Efek Samping*. Diandra Primamitra Pustaka Indonesia. Yogyakarta. 84 hlm.
- Schuhfried, E., Sanchez del Pulgar, J., Bobba, M., Piro, R., Cappellin, L., Tilmann, D.M., Biasioli, F. 2016. Classification of 7 Unifloral Honey Variates by PTR-ToF-MS Direct Headspace Analysis and Chemometrics. *Talanta*. 147 : 213-219 hlm.
- Sihombing, D.T.H. 1997. *Ilmu Ternak Lebah Madu*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 243 hlm.
- Sihombing, D.T.H. 2005. *Ilmu Teknik Lebah Madu*. Cetakan kedua. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 79 hlm.
- SNI 3544 (BSN). 2013. Sirup. Badan Standarisasi Nasional.

- Soria, A. C., González, M., De Lorenzo, C., Martínez-Castro, I. & Sanz, J. 2005. Estimation of the honeydew ratio in honey samples from their physicochemical data and from their volatile composition obtained by SPME and GC-MS. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85(5):817-824 hlm.
- Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa Y., Kondo N. 2017. Deskriminasi Kopi Lanang Menggunakan *UV-Visible Spectroscopy* dan Metode SIMCA. *AGRITECH*.37(4) : 471- 476 hlm.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2019. *Tutorial Analisis Data Spektra Menggunakan The Unscrambler Bagian I. Klasifikasi*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 148 hlm.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2020. *Teknologi Near Infrared Spectroscopy Portabel untuk Kuantifikasi Atribut Mutu Buah-buahan*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 145 hlm.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2021. The Use of UV Spectroscopy and SIMCA for the Autentication of Indonesian Honeys According to Botanical, Entomological and Geographical Origins. *Molecules*. 26:915 hlm.
- Supriyanto. 2019. Identifikasi *Grade* Teh Hitam (*Camellia sinensis*) CTC Produk PT. Perkebunan Nusantara VIII Unit Rancabali Bandung Menggunakan *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandarlampung. 74 hlm.
- Suranto, A. 2004. *Khasiat dan Manfaat Madu Herbal*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 115 hlm.
- Suranto, A. 2007. *Terapi Madu*. Penebar Swadaya. Jakarta. 92 hlm.
- Vercellis, C. 2009. *Business Intelligence: Data Mining and Optimization for Decision Making*. John Willey & Sons, Ltd., Publication. United Kingdom. 420 hlm.
- Winarno, F. G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

- Winarno, F. G. 1982. *Madu Teknologi, Khasiat dan Analisa*. Ghalia Indonesia. Bogor.
- Zahrok, H. 2019. Studi Penggunaan Metode Analisis Berbasis *UV- Vis Spectroscopy* Dan Metode SIMCA untuk Membedakan Kopi Codot murni Dan Kopi Codot Campuran. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandarlampung. 134 hlm.
- Zaini, M. F. 2019. Studi Penggunaan *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode SIMCA untuk Klasifikasi Madu Hutan Berdasarkan Letak Geografis. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandarlampung. 124 hlm.