

**KELAYAKAN METODE UV-VIS SPEKTROSKOPI DAN
KEMOMETRIKA UNTUK KLASIFIKASI MADU
MONOFLORA DARI TIGA JENIS LEBAH
DI PROVINSI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

Sarah Desiana Br Ginting



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

**KELAYAKAN METODE UV-VIS SPEKTROSKOPI DAN
KEMOMETRIKA UNTUK KLASIFIKASI MADU
MONOFLORA DARI TIGA JENIS LEBAH
DI PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

SARAH DESIANA BR GINTING

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

KELAYAKAN METODE UV-VIS SPEKTROSKOPI DAN KEMOMETRIKA UNTUK KLASIFIKASI MADU MOFLORA DARI TIGA JENIS LEBAH DI PROVINSI LAMPUNG

Oleh

SARAH DESIANA BR GINTING

Madu monoflora memiliki nilai jual yang berbeda berdasarkan nektar dan jenis lebah. Penelitian identifikasi madu monoflora *Acacia mangium* dari tiga jenis lebah yang berbeda menggunakan UV-vis spektroskopi dan metode SIMCA. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi madu monoflora dari nektar yang sama yaitu *Acacia mangium* dengan tiga jenis lebah yang berbeda yaitu, *Apis dorsata*, *Apis mellifera*, *Heterotrigona itama* dengan menggunakan UV-vis spektroskopi dan kemometrika. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 50 sampel madu monoflora *Apis dorsata* *Acacia mangium* (ADAM), 50 sampel madu monoflora *Apis mellifera* *Acacia mangium* (AMAM) dan, 50 sampel madu *Heterotrigona itama* *Acacia mangium* (HIAM). Pengambilan spektra dilakukan sebanyak dua kali pada setiap masing-masing sampel. Panjang gelombang yang digunakan dalam pengambilan spektra pada UV-vis spektroskopi adalah 190–1100 nm. Sampel madu dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *water bath* 30 menit bersuhu 60°C, kemudian sampel diencerkan dengan 30 ml *aquades* dihomogenkan selama 10 menit dengan *magnetic stirrer*. Selanjutnya sampel madu diisi 2 ml ke kuvet dan diambil spektranya. Hasil klasifikasi menggunakan PCA dan SIMCA mampu mengidentifikasi ADAM, AMAM dan HIAM pada panjang gelombang 190 nm–1100 nm. Untuk data original total nilai PC1 dan PC2 adalah 92% dan total PC1 dan PC2 pada *Normalize + Moving Average* 5 Segmen adalah 98%. Dari hasil penelitian didapatkan hasil nilai akurasi 100%, sensitivitas sebesar 100%, spesifisitas sebesar 100%, dan *error* 0%. Berdasarkan kurva ROC nilai klasifikasi secara keseluruhan sudah sangat akurat dalam membedakan sampel ADAM, AMAM dan HIAM. Hasil ini dibuktikan dari semakin dekatnya kurva ROC dengan garis Y (0,0).

Kata kunci: Madu *Apis dorsata* *Acacia mangium*, madu *Apis mellifera* *Acacia mangium*, madu *Heterotrigona itama* *Acacia mangium*, UV-vis spektroskopi, Principal Component Analysis (PCA), Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA), Receiver Operating Characteristic (ROC).

ABSTRACT

UV-VIS SPECTROSCOPY AND CHEMOMETRIC METHODS TO CLASSIFY MONOFLORAL HONEY FROM THREE TYPES OF HONEYBEES IN LAMPUNG PROVINCE

BY

SARAH DESIANA BR GINTING

Monoflora honey has a different selling value based on the nectar and the type of honey bee. Research on the identification of Acacia mangium monofloral honey from three different types of bees using UV-vis spectroscopy and SIMCA methods. The purpose of this study claims to identify monofloral honey from the same nectar, namely Acacia mangium with three different types of honeybees, Apis dorsata, Apis mellifera, and Heterotrigona itama using UV-vis spectroscopy and SIMCA method.

The number of samples used was 50 samples of Apis dorsata Acacia mangium (ADAM) monofloral honey, 50 samples of Apis mellifera Acacia mangium (AMAM) monofloral honey, and 50 samples of Heterotrigona itama Acacia mangium (HIAM) honey. The wavelength used for sampling in UV-vis spectroscopy is 190–1100 nm. The honey sample was preheated using a water bath at 60°C for 30 minutes, then the sample was diluted with 30 ml of distilled water and stirred using a magnetic stirrer for 10 minutes. Then the honey solution was put into a cuvette as much as 2 ml and the spectra were taken using UV-vis spectroscopy.

The results of the classification using PCA and SIMCA were able to identify ADAM, AMAM, and HIAM at a wavelength of 190 nm – 11000 nm. The cumulative value of PC1 and PC2 is 92% for original spectral data and 98%. From the results of the study, the results obtained were 100% accuracy, 100% sensitivity, 100% specificity, and 0% error. Based on the ROC curve, the overall classification value is very accurate in distinguishing the ADAM, AMAM, and HIAM samples, this result is evidenced by the closer the ROC curve to the Y line (0,0).

Keywords: *Apis dorsata* *Acacia mangium* honey, *Apis mellifera* *Acacia mangium* honey, *Heterotrigona itama* *Acacia mangium* honey, UV-vis spectroscopy, Principal Component Analysis (PCA), Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA), Receiver Operating Characteristic (ROC).

Judul Skripsi : **KELAYAKAN METODE UV-VIS
SPEKTROSKOPI DAN KEMOMETRIKA
UNTUK KLASIFIKASI MADU
MONOFLORA DARI TIGA JENIS LEBAH
DI PROVINSI LAMPUNG**

Nama : **Sarah Desiana Br Ginting**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1714071020**

Jurusan : **Teknik Pertanian**

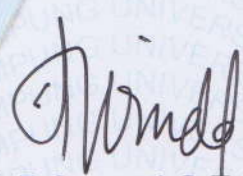
Fakultas : **Pertanian**



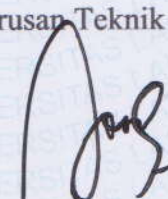
MENYETUJUI,

1. **Komisi Pembimbing**


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


Winda Rahmawati, S. T. P., M. Si., M. Sc
NIP. 198905202015042001

2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**


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

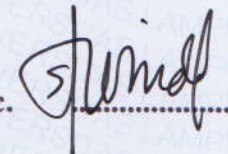
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

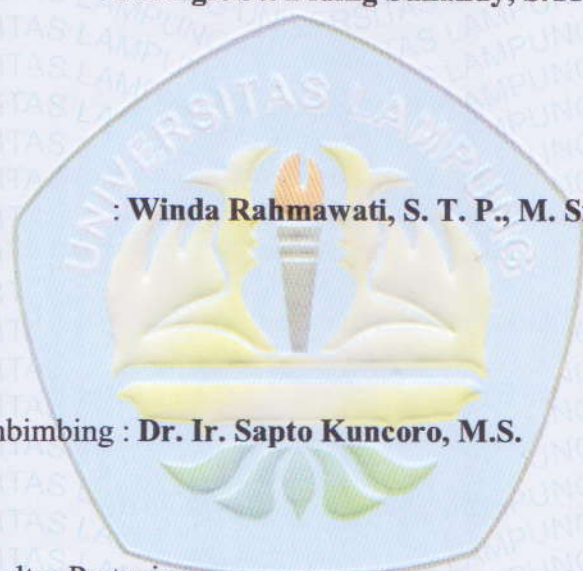
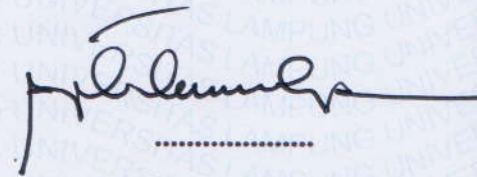


Sekretaris : **Winda Rahmawati, S. T. P., M. Si., M.Sc.**



Penguji

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



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Agustus 2021

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya **Sarah Desiana Br Ginting** dengan NPM **1714071020**, 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. T. P., M. Si., M. Sc** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya peroleh . Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan beberapa hasil rujukan sumber lain (buku, jurnal, skripsi, thesis, makalah, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya, atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan sebagaimana mestinya. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 30 Agustus 2021
Yang Membuat Pernyataan



Sarah Desiana Br Ginting
NPM. 1714071020

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Kabanjahe, Kab. Karo, Medan, Sumatera Utara pada tanggal 17 Desember 1999, putri pertama dari tiga bersaudara dari keluarga Bapak Bahtiar Ginting dan Ibu Rosita Br Harianja. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Santo Xaverius 3 Kabanjahe. Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP Santo Xaverius 2 Kabanjahe.

Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 2 Kabanjahe, Kabupaten Karo, Provinsi Sumatera Utara.

Tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis terdaftar aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai Anggota, Ikatan Mahasiswa Karo (IMKA) sebagai anggota Divisi Pendidikan, Persadan Man Anak Gerejanta (PERMATA) sebagai anggota Bidang Konsolidasi.



**Segala Puji dan Syukur Kepada Tuhan Yesus Kristus
atas karunianya Skripsi ini dapat terselesaikan**

Kupersembahkan karya kecilku ini kepada :

Kedua orangtuaku

Ayah (Bahtiar Ginting) dan Ibu (Rosita Br Harianja) yang
memberikan semua cinta dan kasih sayang serta doa tanpa batas.

Dan Adikku

Dio Frastia Ginting dan Ari Valensius Ginting yang setiap saat
menanyakan kepulanganku.

***Karena Masa Depan Sungguh Ada dan Harapanmu
Tidak Akan Hilang***

Amsal 23: 18

SANWACANA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat serta kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi dengan judul **“Kelayakan Metode UV-vis Spektroskopi dan Kemometrika untuk Klasifikasi Madu Monoflora Dari Tiga Jenis Lebah di Provinsi Lampung ”** Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr., selaku Pembimbing Akademik (PA) selama menempuh pendidikan di jurusan Teknik Pertanian dan selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memotivasi dan memberikan saran selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Winda Rahmawati, S. TP., M.Si., M. Sc selaku pembimbing kedua yang telah memberikan berbagai masukan dan bimbingannya dalam penyelesaian skripsi ini serta motivasi dan dorongannya selama penulis menempuh pendidikan di jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Ir. Sapto Kuncoro, M.S selaku pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sebagai perbaikan selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak/Ibu Dosen Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
7. Suhita Bee Farm yang telah menyediakan sampel dan membantu kelancaran penelitian sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

8. Bapak Ginting (Bahtiar Ginting), Mamakku tersayang (Rosita Br Harianja), dan Adikku Dio Ginting dan Ari Ginting serta semua keluarga besar Ginting.
9. Teman-teman seperjuangan skripsi dan seperbimbingan Grup Riset Spektroskopi 2017.
10. Teman-teman Beauty Girl, Tawarina, Porti, Kristin, Serma yang selalu menemani penulis selama menjadi Mahasiswa, dan teman-teman squad iwari, Rina, Mey, Mba Niluh, Nancy yang selalu menghibur penulis dengan sangat luar biasa saat penulis mengerjakan skripsi.
11. Weldy Ginting, Median Ginting, Aldi Ginting, Efraim Ginting yang senantiasa menjadi tempat curhat penulis selama perkuliahan..
12. Keluarga Besar Teknik Pertanian 2017 yang telah menjadi keluarga yang hebat, serta pengalaman baru yang super luar biasa saat penulis berada di perantauan.
13. Teman-teman PERMATA yang mengajarkan banyak pengalaman selama penulis berada di Lampung.
14. Teman-teman IMKA Rudang Mayang Lampung yang telah menerima penulis dengan rasa kekeluargaan yang tinggi.
15. Kawan sepelayanan Konsolidasi Iin Sinurat dan Ivan Sitepu.
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih telah memberikan begitu banyak warna kehidupan yang penulis dapatkan, terutama ketika penulis berada di perantauan.
17. Terima kasih untuk diri sendiri yang masih semangat melewati hari-hari dengan suka cita, dan terima kasih sudah percaya bahwa semua akan baik-baik saja jika dilewati dengan Doa dan kerja keras.

Bandar Lampung, Agustus 2021

Sarah Desiana Br Ginting

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Hipotesis	5
1.6 Batasan Masalah	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Madu	7
2.1.1 Klasifikasi Lebah Madu	7
2.1.2 Karakteristik Fisik Madu	8
2.1.3 Manfaat Madu	10
2.2 UV-vis spektroskopi	11
2.3 Kemometrika	13
2.3.1 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	13
2.3.2 <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA)	13
2.3.3 Matriks Konfusi (<i>Confusion Matrix</i>)	14
2.3.4 Metode <i>Pretreatment</i> Spektra	15

III. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Prosedur Penelitian	19
3.3.1 Persiapan Alat	20
3.3.2 Prosedur Persiapan Bahan	20
3.3.3 Pengambilan spektra menggunakan UV-vis spektroskopi	24
3.3.4 Membuat dan Menguji Model	25
3.3.5 Analisis Data	25
3.3.6 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Analisis Spektra Madu Menggunakan Data Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	30
4.2 Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	32
4.2.1 Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) pada Data Original .	32
4.2.2 <i>Model Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA) Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	37
4.2.3 Klasifikasi Menggunakan Data Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	39
4.2.4 Analisis Transformasi pada Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	49
4.3 Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) Data Spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	50
4.4 <i>Model Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA) Menggunakan Data Spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	53
4.5 Klasifikasi Model SIMCA Menggunakan Spektra Kombinasi <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen Pada Panjang Gelombang 190-1100nm	55

V. KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	66
 DAFTAR PUSTAKA	 67
LAMPIRAN	70

DAFTAR TABEL

Tabel	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Matriks Konfusi	14
2.	Penomoran Sampel.....	23
3.	Matriks konfusi Model SIMCA ADAM dan Model SIMCA AMAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	39
4.	Hasil Tingkat Spesifisitas dan Sensitivitas dari Hasil Klasifikasi ADAM dengan AMAM Menggunakan Data Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm pada Beberapa Level.....	42
5.	Matriks Konfusi Model SIMCA ADAM dan Model SIMCA HIAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	43
6.	Hasil Tingkat Spesifisitas dan Sensitivitas dari Hasil Klasifikasi ADAM dengan HIAM Menggunakan Data Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm pada Beberapa Level.....	45
7.	Matriks Konfusi Model SIMCA AMAM dan Model SIMCA HIAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	46
8.	Hasil Tingkat Spesifisitas dan Sensitivitas dari Hasil Klasifikasi AMAM dengan HIAM Menggunakan Data Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm pada Level.....	48
9.	Matriks Konfusi Model SIMCA ADAM dengan AMAM Menggunakan Spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	56
10.	Hasil Tingkat Spesifisitas dan Sensitivitas dari Hasil Klasifikasi ADAM dengan AMAM Menggunakan spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm pada Beberapa Level.	57

11. Matrik Konfusi Model SIMCA ADAM dan Model SIMCA HIAM Menggunakan spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	59
12. Hasil Tingkat Spesifisitas dan Sensitivitas dari Hasil Klasifikasi ADAM dengan HIAM Menggunakan spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm pada Beberapa Level	60
13. Matriks Konfusi Model SIMCA AMAM dan Model SIMCA HIAM Menggunakan Spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	62
14. Hasil Tingkat Spesifisitas dan Sensitivitas dari Hasil Klasifikasi AMAM dengan HIAM Spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm pada Beberapa Level.....	64

Lampiran

15. Daftar Istilah (Suhandy, 2019)	71
16. Hasil Klasifikasi Model SIMCA Model ADAM dengan SIMCA Model AMAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	73
17. Hasil Klasifikasi Model SIMCA Model ADAM dengan SIMCA Model HIAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	75
18. Klasifikasi Model SIMCA AMAM dan Model SIMCA HIAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	77
19. Hasil Perbaikan Spektra Original ADAM dan AMAM pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	78
20. Hasil Klasifikasian Model SIMCA ADAM dengan Model SIMCA AMAM Menggunakan Spektra Kombinasi <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	81
21. Hasil Klasifikasian Model SIMCA ADAM dengan Model SIMCA HIAM Menggunakan Spektra Kombinasi <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	83
22. Klasifikasi Model SIMCA AMAM dan Model SIMCA HIAM Menggunakan Spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar	<i>Teks</i>	Halaman
1.	<i>Apis dorsata</i>	1
2.	<i>Heterotrigona itama</i>	2
3.	<i>Apis mellifera</i>	2
4.	Propolis Madu	7
5.	Ilustrasi Hukum <i>Lambert-Beer</i> (Sabrina, 2012).....	11
6.	Prinsip Kerja UV-vis Spektrometer (Sumber: Hartono, 2021).	12
7.	Diagram Alir Prosedur Penelitian (Firmansyah, 2019).....	20
8.	Proses Pemanasan Madu.	21
9.	Pengenceran Madu.	22
10.	Pengadukan Larutan Menggunakan <i>Magnetic Stirrer Ciblanc</i>	22
11.	Diagram Alir Persiapan Bahan (Firmansyah, 2019).	23
12.	Diagram Alir Proses Pengambilan Spektra (Firmansyah, 2019).	24
13.	Cara Mengimport Data dari <i>Microsoft Excel</i> ke <i>The Unscrambler 10.4</i>	26
14.	Cara Mentranspose Data pada the <i>Unscrambler 10.4</i>	26
15.	Cara Membuat Kolom <i>Category Variable</i>	27
16.	Menu EditSet	28
17.	Identifikasi Nilai PCA.....	29
18.	Tampilan Menu PCA	29
19.	Sampel Madu <i>Heterotrigona itama Acacia mangium</i> (HIAM), Madu <i>Apis dorsata Acacia mangium</i> (ADAM), <i>Apis mellifera Acacia mangium</i> (AMAM).	31
20.	Grafik Nilai Rata-rata Spektra Original Pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	32

21. Hasil PCA Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	34
22. Grafik <i>X-Loading</i> PC1 Hasil Analisis PCA 150 Data Menggunakan Spektra Original Pada Panjang Gelombang 190-1100.....	36
23. Grafik <i>X-Loading</i> PC2 Hasil Analisis PCA 150 Data Menggunakan.....	36
24. Model SIMCA Sampel ADAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	37
25. Model SIMCA Sampel AMAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	38
26. Model SIMCA Sampel HIAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	38
27. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA ADAM dan Model SIMCA AMAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	39
28. Kurva ROC Klasifikasi ADAM dan AMAM Menggunakan Data Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	43
29. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA ADAM dan Model SIMCA HIAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	44
30. Kurva ROC Klasifikasi ADAM dan HIAM Menggunakan Data Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	46
31. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA AMAM dan Model SIMCA HIAM Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	47
32. Kurva ROC Klasifikasi AMAM dan HIAM Menggunakan Data Original pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	49
33. Hasil Plot Klasterisasi PCA Pada <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen Pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	51
34. Grafik <i>X-Loading</i> PC1 Hasil Identifikasi PCA Menggunakan Spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	52

35. Grafik <i>X-Loading</i> PC2 Hasil Identifikasi PCA Menggunakan Spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190- 1100 nm.....	53
36. Model SIMCA ADAM Menggunakan Spektra Kombinasi <i>Normalize +</i> <i>Moving Average</i> 5 Segmen.	54
37. Model SIMCA AMAM Menggunakan Spektra Kombinasi <i>Normalize +</i> <i>Moving Average</i> 5 Segmen.	55
38. Model SIMCA HIAM Menggunakan Spektra Kombinasi <i>Normalize +</i> <i>Moving Average</i> 5 Segmen.....	55
39. Plot <i>Coomans</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA ADAM dan Model SIMCA AMAM mempunyai Spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	57
40. Kurva ROC Klasifikasi ADAM dan AMAM Menggunakan Data Spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190- 1100 nm.....	58
41. Merupakan grafik Plot <i>Coomans</i> hasil klasifikasi model SIMCA ADAM dan HIAM menggunakan spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada panjang gelombang 190-1100 nm.	60
42. Kurva ROC Klasifikasi ADAM dan HIAM Menggunakan Data <i>Normalize</i> <i>+ Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	61
43. Plot <i>Coomans Plot</i> Hasil Klasifikasi Model SIMCA AMAM dan Model SIMCA HIAM Menggunakan spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.	63
44. Kurva ROC Klasifikasi AMAM dan HIAM Menggunakan spektra <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen pada Panjang Gelombang 190- 1100 nm.....	64

Lampiran

45. <i>Line Plot</i> Data Original	87
46. Hasil PCA Menggunakan Spektra Original pada Panjang Gelombang 190- 1100 nm.....	87
47. <i>Line Plot Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen	88

48. PCA <i>Normalize + Moving Average</i> 5 Segmen	88
49. Sampel Madu ADAM, AMAM dan HIAM.....	89
50. Pengambilan Data	89
51. Pengukuran Sampel Madu Sebelum Dipanaskan	90

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu serangga penghasil madu adalah lebah. Di Indonesia dikenal empat jenis lebah penghasil madu, yaitu *Apis mellifera*, *Trigona sp*, *Apis cerana*, dan *Apis dorsata* (Darmawan *et al.*, 2014). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 3545:2013 madu didefinisikan sebagai cairan manis yang berasal dari tanaman ataupun sari bunga tanaman (Alimentarius, 2001).

Apis dorsata merupakan lebah madu yang hidup di hutan, hanya menggunakan sisir untuk menggantung di dahan-dahan, dan membangun sarang di tebing berbatu (Suranto, 2007). Dapat dilihat lebah madu *Apis dorsata* pada Gambar 1.



Gambar 1 Lebah Madu *Apis dorsata* (Sumber: Dian, 2020).

Trigona sp sering disebut klanceng, lebah ini jarang ditenakkan karena produksi madunya juga sedikit. Lebah madu *Heterotrigona itama* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Lebah Madu *Heterotrigona itama* (Sumber: Franse, 2019).

Apis mellifera sifatnya tidak ganas sehingga cukup mudah untuk ditenakkan. Selain tidak liar, produktivitas madu *Heterotrigona itama* ini cukup tinggi yaitu 30-60 kg/tahun pada sarang madu (Soerodjotanojo, 1996). Lebah madu *Apis mellifera* dapat terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Lebah Madu *Apis mellifera* (Sumber: Dian, 2020)

Selain itu madu juga bermanfaat sebagai sumber energi yang mengandung nutrisi dan karbohidrat yang menjadi sumber energi, meningkatkan stamina dan daya

tahan tubuh. Madu juga mengandung asetilkolin yang dapat mengaktifkan metabolisme, seperti melancarkan peredaran darah dan menurunkan tekanan darah (Suranto, 2004).

Sering terjadi kesalahan dalam pemalsuan madu saat menentukan asal geografis maupun sumber nektar ataupun penambahan dan pencampuran bahan lain seperti sukrosa, fruktosa, air dan lain-lain (Schuhfried *et al.*, 2016).

Pemalsuan adalah upaya untuk dengan sengaja mengubah tampilan makanan dengan menambahkan atau mengganti bahan pada makanan ataupun minuman, dengan tujuan meningkatkan penampilan makanan atau minuman dan memaksimalkan keuntungan, yang paling sering terjadi pada pemalsuan madu yaitu terjadi pada madu, dimana madu adalah bahan pangan yang banyak dicari dan diminati, terutama untuk manfaat kesehatannya dan kemungkinan pengobatan untuk berbagai masalah kesehatan. Di pasar internal, jaminan keaslian dan kualitas madu belum sepenuhnya terlaksana, sebaliknya masih ada kecurigaan madu palsu.

Standar Nasional Indonesia (SNI 3545: 2013) adalah standar yang berkaitan dengan kualitas dan metode analisis madu. Madu diuji berbasis SNI melewati serangkaian uji seperti uji sensorik, uji amilase, uji hidroksimetil furfural (HMF), uji kadar air, uji kadar gula pereduksi, uji kadar sukrosa, uji keasaman, uji padatan tidak larut air dan uji lainnya. Namun, semua Semua pengujian ini akan dilakukan secara lengkap, yang akan memakan lebih banyak waktu dan biaya, dan tidak mungkin dalam membedakan madu secara efektif berdasarkan sumber nektarnya. Oleh karena itu, standar ini masih merupakan standar dasar, dan diperlukan kajian lebih lanjut dalam proses implementasinya, terutama sanksi atas pelanggaran persyaratan mutu madu. Selain itu, persyaratan kualitas madu belum cukup rinci untuk memenuhi kebutuhan produksi dan konsumsi.

Kualitas madu dapat dideskripsikan menggunakan indra yaitu, indra perasa, aroma, peraba, dan penglihatan yang merupakan salah satu metode evaluasi sensori. Namun keterbatasan dan kondisi fisik manusia memiliki kekurangan

dalam mendeskripsikan bahan, maka dapat dilakukan menggunakan metode NIR (*near infrared*) spektroskopi. Metode ini menggunakan alat berupa spektrometer, dengan sumber cahaya tergolong mahal sehingga menyebabkan perkembangannya cukup terkendala di Indonesia. Hal ini merupakan kelemahan dari metode NIR (Suhandy dkk, 2017). Keunggulan dalam metode ini dalam proses pembuatan larutan sampel pada spektroskopi relatif murah, sebab yang dilibatkan hanya air destilasi sebagai pelarut yang tidak mengandung bahan kimia dan mudah diakses serta ditemui di sebagian laboratorium kualitas hasil pertanian serta pangan di Indonesia (Apratiwi, 2016).

Uji keaslian dan mutu madu sudah dilakukan menggunakan UV-vis spektroskopi. Misalnya, Firmansyah (2019) menggunakan UV-vis spektroskopi dan metode SIMCA untuk identifikasi madu lebah hutan (*Apis dorsata*). Kemudian Hartono (2021) juga menggunakan UV-vis spektroskopi untuk diskriminasi madu kelengkeng dan madu karet PT Madu Pramuka. Dari penelusuran pustaka, penelitian aplikasi UV-vis spektroskopi belum digunakan untuk membedakan madu monoflora dari beberapa jenis lebah madu berbeda, sehingga pada penelitian ini dilakukan menggunakan UV-vis spektroskopi dan kemometrika untuk klasifikasi madu monoflora dari tiga jenis lebah di Provinsi Lampung.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian mengenai identifikasi madu monoflora dari asal bunga atau nektar yang sama yaitu *Acacia mangium* dengan lebah yang berbeda yaitu, dari lebah *Apis dorsata*, *Heterotrigona itama*, dan *Apis mellifera*, menggunakan UV-vis spektroskopi dan metode SIMCA.
2. Kualitas madu monoflora ditentukan oleh jenis lebahnya.
3. Harga madu monoflora *Acacia mangium* dapat juga dibedakan berdasarkan jenis lebahnya. Madu *Apis dorsata* dan *Heterotrigona itama* memiliki harga lebih mahal dibandingkan madu *Apis mellifera*.

4. Identifikasi perbedaan ketiga jenis madu berdasarkan asal lebahnya sulit dilakukan secara langsung menggunakan mata. Kebutuhan membangun teknik analisis yang murah dan cepat untuk identifikasi perbedaan antara ketiga jenis madu tersebut menggunakan metode UV-vis spektroskopi.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk klasifikasi madu monoflora *Acacia mangium* dari lebah (*Apis dorsata*, *Heterotrigona itama*, *Apis mellifera*) dari madu yang berasal dari nektar bunga yang sama yaitu *Acacia mangium*.

1. Membangun model yang mampu mengklasifikasikan dan mengidentifikasi madu monoflora dari nektar bunga *Acacia mangium* dengan ketiga jenis lebah madu berbeda yaitu *Apis dorsata*, *Heterotrigona itama*, *Apis mellifera*.
2. Menguji model yang dibangun untuk proses klasifikasi madu monoflora lebah *Apis dorsata*, *Heterotrigona itama*, *Apis mellifera*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu:

1. Untuk memberikan informasi perbedaan madu monoflora *Acacia mangium* berdasarkan jenis lebahnya
2. Untuk mempercepat proses diskriminasi madu monoflora *Acacia mangium* berdasarkan jenis lebahnya.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Metode UV-vis spektroskopi dan kemometrika mampu mengklasifikasi madu monoflora *Acacia mangium* berdasarkan jenis lebahnya yaitu *Apis dorsata*, *Heterotrigona itama*, dan *Apis mellifera*.
2. Metode yang diusulkan dapat dibangun dengan model kalibrasi dalam mengidentifikasi jenis madu monoflora *Acacia mangium* berdasarkan asal lebahnya yaitu *Apis dorsata*, *Heterotrigona itama*, dan *Apis mellifera*.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Proses klasifikasi (pengelompokan) hanya menggunakan madu monoflora *Acacia mangium* dari tiga jenis lebah madu yaitu *Apis dorsata*, *Heterotrigona itama*, dan *Apis mellifera* yang berasal dari nektar bunga yang sama yaitu *Acacia mangium*.
2. Tidak dilakukan uji kimia pada sampel.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Madu

Salah satu bahan pangan yang memiliki rasa manis dan kental yang berwarna keemasan coklat gelap dengan kandungan gula yang tinggi adalah madu. Madu dihasilkan oleh lebah madu dari ekstrak bunga tanaman (floral nektar) ataupun bagian lain dari tanaman yang disebut extra floral, pada proses enzimatik dan digunakan untuk cadangan makanan (Bogdanov, 1997). Madu dapat diambil dari propolis madu pada Gambar 4 (Propolis madu).



Gambar 4 Propolis Madu (Sumber: Dokumentasi pribadi).

2.1.1 Klasifikasi Lebah Madu

Secara taksonomi lebah madu jenis *Apis* menurut Partosoedjono (1992) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Divisi : Animalia
 Sub divisi : Arthropoda
 Class : Insecta
 Ordo :Hymenoptera
 Family :Apidae
 Genus :*Apis*
 Subgenus :Megapis
 Spesies :*A. dorsata*

Taksonomi lebah madu tanpa sengat (Michner, 2017) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insekta
 Ordo : Hymenoptera
 Famili : Apidae
 Genus : Trigona
 Spesies : *Trigona sp*

2.1.2 Karakteristik Fisik Madu

Madu memiliki sepuluh karakteristik fisik menurut Suranto (2004) adalah sebagai berikut:

1. Kekentalan (Viskositas)

Madu akan diekstraksi agar berbentuk cairan kental. Kandungan air yang ada di dalam madu akan mempengaruhi kekentalan madu. Kekentalan madu juga dapat dipengaruhi oleh suhu. Beberapa madu memiliki sifat yang khusus.

2. Sifat menarik (Higroskopis)

Madu akan menyerap kelembaban udara sekitarnya yang menyebabkan madu lebih encer.

3. Suhu

Madu memiliki konduktivitas termal dan viskositas tinggi, yang berarti madu akan terkena panas yang berlebihan saat dipanaskan. Namun madu memiliki sifat lambat menyerap suhu lingkungan.

4. Warna

Perubahan warna madu yang berbeda dipengaruhi oleh sumber nektar madu, umur dan penyimpanan madu. Warna dasar madu adalah kuning kecoklatan seperti karamel. Madu memiliki variasi warna, dari transparan seperti air hingga hitam. Untuk madu kristal, terjadi perubahan warna lebih terang pada madu karena glukosa yang mengkristal dalam madu. Warna madu untuk lebah *Apis dorsata* berbeda dengan madu *Heterotrigona itama* dan *Apis mellifera*.

5. Aroma

Karena proses penyimpanan, aroma madu seringkali tidak stabil. Aroma tersebut berasal dari campuran sel kelenjar pada bunga dan nektar serta dipengaruhi juga oleh fermentasi gula pada madu, asam amino, dan vitamin pada saat proses pembuatan madu. Aroma madu beragam dari satu jenis ke jenis lainnya, dan tergantung pada komposisi zat aromatiknya, yang membuat aroma madu menjadi spesifik.

6. Rasa

Rasa madu kebanyakan tergantung pada sumber nektarnya. Selain itu, jika madu disimpan pada suhu tinggi, rasa madu bisa berubah dan rasa madu akan menjadi asam. Sumber nektar madu, kandungan asam organik dan karbohidrat mempengaruhi rasa yang dimiliki oleh madu.

7. Sifat mengkristal

Madu kristal diproduksi dengan membentuk kristal dekstrosa monohidrat, tergantung pada komposisi dan kondisi penyimpanannya. Selama proses kristalisasi, kelembapan dalam madu tidak dibatasi, sehingga madu dapat

berfermentasi. Semakin rendah kadar air dan semakin tinggi kadar glukosa, semakin cepat kristalisasi terjadi.

8. Sifat optik

Kandungan gula spesifik madu memungkinkan anda untuk mengubah sudut rotasi cahaya terpolarisasi.

9. Tegangan permukaan

Tegangan permukaan madu bermacam-macam menurut sumber nektar madu tergantung pada kandungan zat pada koloid.

10. Berat jenis (Densitas)

Berat jenis madu adalah berat madu per satuan volume yang dipengaruhi oleh suhu yang diukur dan kadar air madu. Jika tinggi kadar air dalam madu tinggi, maka semakin rendah volume madu.

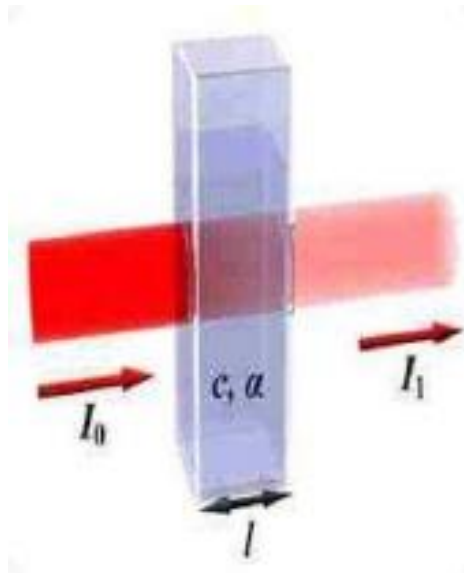
2.1.3 Manfaat Madu

Umumnya madu dipercaya mampu menambah energi, kekuatan fisik dan imunitas tubuh manusia. Madu juga dipercaya mampu menyembuhkan beberapa penyakit seperti masalah perut, radang usus besar, penyakit jantung dan tekanan darah tinggi. Madu juga mengandung asetilkolin yang dapat merangsang metabolisme, seperti memperlancar sirkulasi darah serta mengurangi resiko hipertensi (Suranto, 2004).

Beberapa penyakit yang dipercaya bisa diobati menggunakan madu diantaranya tuberkulosis, penyakit mata, gangguan saraf, hipotensi, hepatitis, sakit kepala, dan penyakit infeksi kandung kemih. Madu juga mampu mengobati penyakit luar seperti luka bakar, bibir pecah-pecah dan lesi mulut. Madu juga dapat dikonsumsi oleh ibu hamil (Suranto, 2004).

2.2 UV-vis spektroskopi

Spektrometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi sampel serta transmittan. Hasil yang ditunjukkan spektrometer berupa spektrum yang diperoleh dari absorbansi radiasi sampel. Sampel yang berbeda akan menghasilkan spektrum yang khas.



Gambar 5 Ilustrasi Hukum *Lambert-Beer* (Sabrina, 2012).

Keterangan Gambar:

I_0 = Intensitas sinar datang

I = Intensitas sinar yang diteruskan

c = Konsentrasi

a = tetapan absorptivitas

l = panjang jalan sinar / kuvet

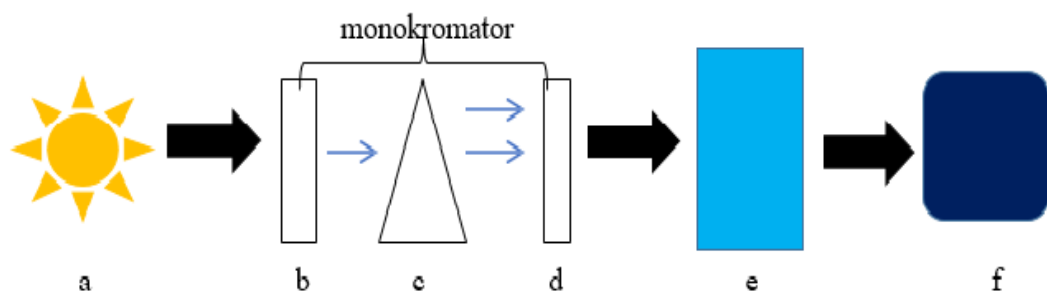
UV- vis spektroskopi ialah perlengkapan yang universal digunakan khususnya yang berbasis serapan buat mengetahui transmittan ataupun absorbansi melalui sinar yang mampu melewati sampel (Skoog et al., 2013).

Tiap objek yang berbeda menghasilkan panjang gelombang yang berbeda dikarenakan pemantulan cahaya yang terjadi juga berbeda. Spektrometer terdiri dari beberapa komponen yaitu, sumber cahaya, kuvet, monokromator, detektor,

serta rekorder. UV- vis spektroskopi sering dipakai dalam melakukan riset, serta tercantum sebagai perlengkapan standar yang wajib terdapat di laboratorium sebab biayanya yang murah dan metode kerja perlengkapan ini gampang serta kilat. Kemudahan memakai perlengkapan ini ialah dalam melakukan persiapan pengujian sampel menggunakan kuvet kuarsa.

Prinsip kerja UV-vis spektroskopi dapat dilihat pada Gambar 6 dengan penjelasan sebagai berikut:

- Sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya diteruskan ke monokromator. Pada penelitian ini sumber cahaya yang digunakan adalah lampu xenon.
- Cahaya dari monokromator melewati sampel melalui sebuah cermin yang berputar.
- Cahaya dari sampel akan diterima detektor. Jenis detektor yang digunakan pada penelitian ini adalah Silicon photodiode.
- Setelah diproses hasil yang akan diolah menggunakan program yang sudah dipersiapkan, seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Prinsip Kerja UV-vis spektrometer (Sumber: Hartono, 2021).

Keterangan Gambar 6 :

- Sumber cahaya polikromatis
- Pintu masuk
- Pendispersi cahaya
- Pintu keluar
- Kuvet
- Detektor

Prinsip dari Uv-vis spektrometer yaitu dengan cahaya akan dilewatkan menuju ke sampel yang akan diuji. Cahaya tersebut ada yang diserap, ada yang dipantulkan serta ada yang diteruskan pada panjang gelombang tertentu. Berdasarkan hukum *Lambert-Beer*, jumlah radiasi cahaya tampak (ultraviolet, infra merah, dll) diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan adalah fungsi eksponensial dari konsentrasi zat dan ketebalan larutan (Noviarty dan Angraini, 2013).

2.3 Kemometrika

Kemometrika berperan untuk memproses, mengevaluasi, serta menginterpretasikan informasi dalam jumlah besar. Tidak hanya itu pula digunakan buat menciptakan korelasi statistik antara spektrum serta data yang sudah dikenal dari sesuatu ilustrasi. Dalam tata cara ini membolehkan pemakaian model analisis multivariat dalam pelaksanaannya. Analisis multivariat ialah model yang mengaitkan masukan ataupun peubah X buat menciptakan sesuatu dampak ataupun reaksi tertentu ataupun peubah Y (Apratiwi, 2016).

2.3.1 *Principal Component Analysis (PCA)*

PCA merupakan campuran linear yang diperoleh dari perputaran sistem. Tata cara PCA bermanfaat bila informasi awal memiliki keterkaitan antar variabel sehingga jumlah variabel pada informasi sangat besar. PCA bertujuan mereduksi informasi data tanpa menghilangkan informasi pada data asli (Adji *et al.*, 2012).

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

SIMCA juga termasuk PCA, sensitivitas memiliki nilai yang tinggi saat membaca data (monitoring). Metode penerapan SIMCA adalah dengan membagi setiap kelas dalam kumpulan data oleh PCA, dan memepertahankan komponen utama dari sebagian besar perubahan data di setiap kelas dalam jumlah yang cukup. Klasifikasi dalam SIMCA dilakukan dengan menyamakan nilai varians residual pemetaan dengan rata-rata varians residual pemetaan dalam pembentukan kelas (Lavine, 2009).

2.3.3 Matriks Konfusi (*Confusion Matrix*)

Matriks konfusi adalah metode SIMCA yang diolah dan dicatat pada tabel klasifikasi. Hasil matriks konfusi yaitu akurasi, spesifisitas, sensitivitas, *error*. Perhatikan Tabel 1. Klasifikasi pasangan sampel madu monoflora *Apis dorsata* dan madu monoflora *Apis mellifera* dikuantifikasi dengan Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, akurasi merupakan pembuatan model yang tepat, a adalah jumlah sampel A (madu monoflora *Apis dorsata*) yang masuk ke kelas A aktual, d jumlah sampel dari kelas B (madu monoflora *Apis mellifera*) yang masuk ke kelas B aktual. Kemudian, b merupakan jumlah sampel kelas A yang masuk ke kelas B aktual, dan c jumlah sampel dari kelas B yang masuk ke kelas A aktual. Sensitivitas menunjukkan kemampuan menolak sampel yang tidak sesuai. Spesifisitas merupakan kemampuan model untuk memandu klasifikasi sampel secara benar (Lavine, 2009).

Kelas aktual adalah sampel yang sebelumnya telah diklasifikasikan terlebih dahulu atau diketahui kelasnya. Hasil klasifikasi variabel yang dihasilkan oleh program adalah pemahaman dari kelas prediksi. Beberapa nilai lain dapat dihitung dari pembentukan konfusi matriks (Faisal & Nugrahadi, 2019).

Tabel 1 Matriks Konfusi

	Kelas A (aktual)	Kelas B (aktual)
Kelas A (Model SIMCA A)	a	b
Kelas B (Model SIMCA B)	c	d

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

$$b) \text{ Sensitivitas (S)} = \frac{d}{b+d} \dots\dots\dots (2)$$

$$c) \text{ Spesifisitas (SP)} = \frac{a}{a+c} \dots\dots\dots (3)$$

$$d) \text{ Error} = \frac{b+c}{a+b+c+d} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- a adalah sampel kelas A yang masuk ke dalam kelas A
- b adalah sampel kelas B yang masuk ke dalam kelas A
- c adalah sampel kelas A yang masuk ke dalam kelas B
- d adalah sampel kelas B yang masuk ke dalam kelas B

Evaluasi hasil matriks konfusi dinyatakan dalam beberapa parameter. Yang pertama adalah parameter akurasi yang menunjukkan tingkat akurasi sebuah model yang dibangun. Yang kedua adalah parameter sensitivitas, yang mewakili kemampuan model untuk tidak menerima sampel yang termasuk dalam kategorinya. Model yang dibangun akan semakin baik jika nilai akurasi, nilai sensitivitas dan spesifitas semakin tinggi dan akan semakin baik apabila nilai *error* semakin rendah (Apratiwi, 2016).

2.3.4 Metode *Pretreatment* Spektra

Pretreatment spektra merupakan salah satu metode yang dibuat dalam mengurangi pengaruh interferensi gelombang serta *noises* pada data spektra yang diperoleh akurat dan stabil. Sebelum mengembangkan model analisis, terlebih dahulu dilakukan pengolahan data spektra, termasuk data kalibrasi dan data prediksi. Berikut ini adalah 5 metode *pretreatment* untuk meningkatkan spektra yang didapat (Kusumaningrum *et al.*, 2017; O'Haver, 2017; Prieto, 2017).

a. *Multiplicative scatter correction* (MSC).

MSC merupakan salah satu pendekatan untuk mengurangi *amplification* (*multiplicative, scattering*) efek di spektrum. MSC berguna untuk memperbaiki variasi cahaya yang menyebar dalam data spektroskopi. Tujuan MSC memperbaiki sampel sehingga cahaya yang disebarkan merata. Mencari nilai MSC adalah mencari koefisien regresi yaitu a_i dan b_i .

Berikut persamaan yang digunakan dalam metode MSC.

$$X_{org} = a_i + b_i \bar{x}_j + e_i \dots\dots\dots (5)$$

$$X_{i, MSC} = \frac{X_{org} - a_i}{b_i} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

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

X_{org} : Nilai dari spektra asli

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

e_i : Nilai eror

a_i : Nilai intersep

b_i : Nilai slope

i : Indeks sampel

j : Indeks panjang gelombang

b. *Standard normal variate* (SNV)

SNV adalah menghilangkan *multiplicative interferences* dari *scatter effects* pada data spektra. Tujuan utama SNV untuk menghilangkan beberapa gangguan pada partikel sampel. Pada saat pengujian pengambilan data akan memunculkan *scatter*.

Rumus SNV sebagai berikut :

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}{K-1}} \dots\dots\dots (7)$$

$$\tilde{x}_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_i}{s_i} \dots\dots\dots (8)$$

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

Standar akan dihitung untuk mengetahui bagaimana sebaran yang terjadi pada setiap sampel. Nilai standar deviasi diperoleh dengan menjumlahkan nilai absorbans masing-masing sampel, setelah itu mencari nilai SNV .

c. *Savitzky-Golay differentiation*

Savitzky-Golay differentiation digunakan untuk menghilangkan *background* dan meningkatkan resolusi spektra. *Derivative* untuk membantu menunjukkan yang mana sebagai puncak dan yang mana sebagai lembah dari spektrum penyerapan data. Turunan 1st memungkinkan *offset* untuk dihilangkan, *offset* dan *baseline* dihilangkan pada *derivative* ke-2nd.

Berikut merupakan rumus dari diferensiasi.

$$X_j = \frac{1}{N} \sum_h^k = -k^C_j X_j + h \dots \dots \dots (9)$$

d. *Smoothing Moving Average*

Smoothing Moving Average digunakan menghilangkan *noise* pada pengolahan data.

Rumus *smoothing moving average* sebagai berikut:

$$S_j = \frac{Y_{j-1} + Y_j + Y_{j+1}}{3} \dots \dots \dots (10)$$

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

e. *Mean Normalization (MN)*

Fungsi *Mean Normalization* adalah metode penskalaan sampel. semua data dapat diperoleh pada skala yang kurang lebih sama. Semua spektrum juga dinormalisasi menjadi *mean normalization*.

Rumus *mean normalize* sebagai berikut:

$$X_{\text{mean}(i,k)} = \frac{X_{\text{raw}}}{X_{\text{mean}}}, \dots \dots \dots (11)$$

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.

2.4 ROC (*Receiver Operating Characteristic*)

Menurut Goronescu (2011), secara teknis kurva ROC (*receiver operating characteristic*) banyak digunakan secara teknis dalam penelitian data *mining* untuk mengevaluasi hasil prediksi. Terdapat dua dimensi pada kurva ROC yaitu dimensi pertama di mana tingkat TP berada pada sumbu Y dan dimensi kedua yaitu tingkat FP berada pada sumbu X. Tetapi digunakan juga metode yang dapat menghitung luas daerah di bawah ROC yang juga disebut sebagai AUC atau *Area Under the ROC Curve*, kurva ini digunakan untuk mewakili grafik yang menentukan klasifikasi mana yang baik (Witten dkk., 2011).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

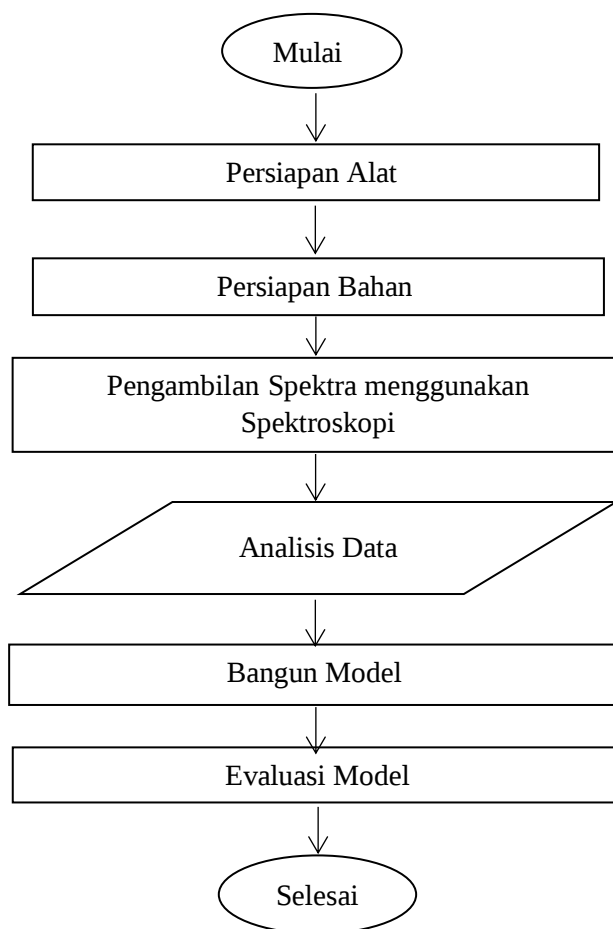
Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Januari 2021 di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen Pertanian (Lab. RBPP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan *UV-Vis spektroskopi* jenis *Genesys 10S UV-Vis (Thermo Elektron Instrument, USA)*, komputer, *flashdisk*, *Water bath*, timbangan analitik, *magnetic stirrer CiBlanc*, pipet ukur, *kuvet*, termometer, gelas ukur, gelas beker, spatula, dan corong plastik. Sedangkan bahan yang digunakan adalah aquades, dan madu dari tiga jenis lebah yaitu *Apis dorsata Acacia mangium*, *Heterotrigona itama Acacia mangium*, dan *Apis mellifera Acacia mangium*, yang diperoleh dari Suhita Bee Farm, Bandar Lampung.

3.3 Prosedur Penelitian

Alat dan bahan disiapkan terlebih dahulu pada prosedur penelitian, setelah bahan siap persiapan sampel dilanjutkan proses dilusi, pengadukan, dan proses pengambilan spektra, dan pengujian model untuk mengklasifikasi madu, selanjutnya dianalisis kemometrika menggunakan metode SIMCA dan PCA, seperti ditunjukkan pada Gambar 7 (diagram alir prosedur penelitian).



Gambar 7 Diagram Alir Prosedur Penelitian (Firmansyah, 2019).

3.3.1 Persiapan Alat

Persiapan alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian penting dilakukan agar pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan lancar tanpa kendala. Alat-alat yang akan digunakan harus dilakukan pengecekan secara seksama hingga dapat dipastikan bahwa alat tersebut dapat digunakan dengan baik.

3.3.2 Prosedur Persiapan Bahan

Ada beberapa proses yang harus dilakukan pada madu yang akan dijadikan sampel penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Penyimpanan Madu

Madu yang digunakan yaitu madu monoflora *Apis dorsata Acacia mangium*, *Heterotrigona itama Acacia mangium*, dan *Apis mellifera Acacia mangium*. Sampel yang akan digunakan dikumpulkan dalam wadah botol kaca, dan disimpan pada suhu kamar tanpa cahaya.

2. Pemanasan Madu

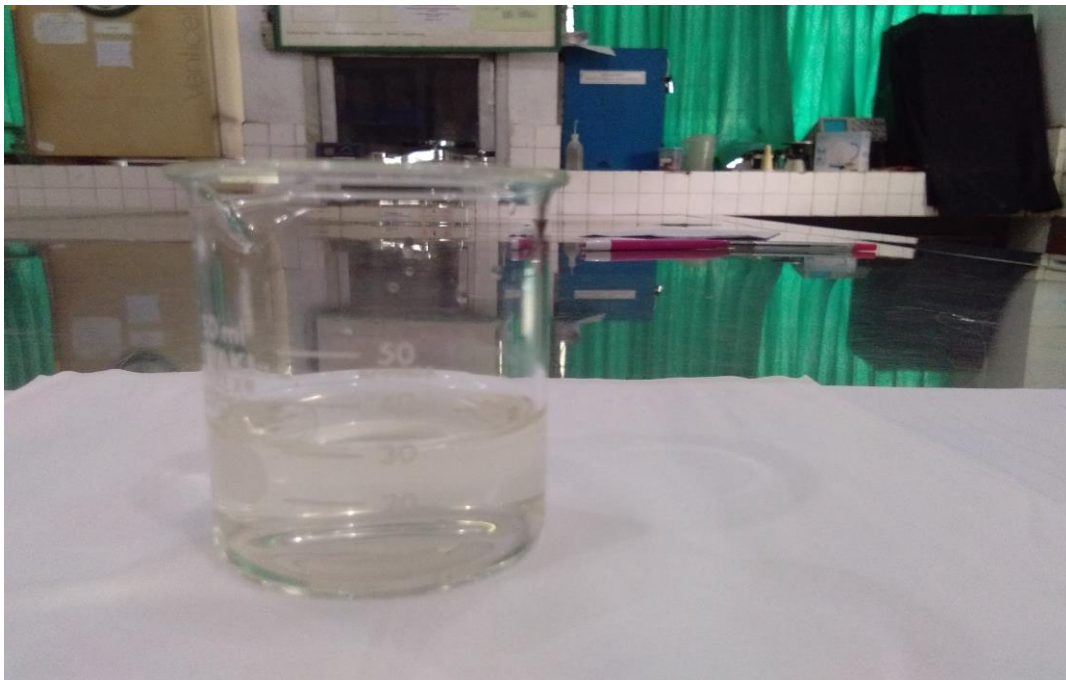
Dilakukan pemanasan madu agar kristal pada madu dapat meleleh. Pada penelitian ini, sampel madu dituangkan 10 ml ke gelas ukur kemudian dipanaskan di *water bath* pada suhu 60°C selama 30 menit. Tunggu sampai sampel madu memiliki suhu sesuai dengan suhu kamar (Reyes *et al*, 2017). Prosedur pemanasan madu pada Gambar 8.



Gambar 8 Proses Pemanasan Madu.

3. Pengenceran Madu

Setelah itu madu diencerkan menggunakan *aquades* dengan perbandingan 1:30 (ml:ml), perbandingan pengenceran madu didapatkan dari data pra penelitian terlebih dahulu. Pada pengenceran 1:30 (ml:ml) diperoleh nilai PCA dan spektra terbaik. apat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Pengenceran Madu.

4. Pengadukan Sampel

Pada Gambar 10 madu dicampur dengan *aquades* kemudian dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer CiBlanc* selama 10 menit dengan kecepatan 350 rpm untuk menghomogenkan campuran bahan.



Gambar 10 Pengadukan larutan menggunakan *magnetic stirrer CiBlanc*.

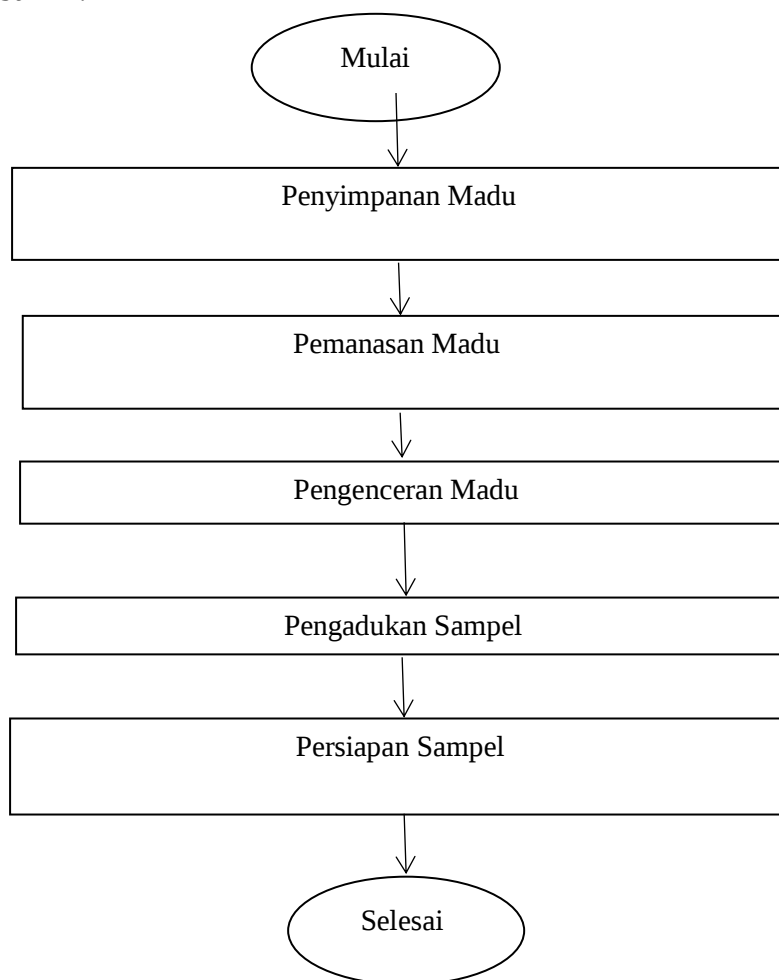
5. Persiapan Sampel

Pada Tabel 2, *Apis dorsata Acacia mangium* diberi nomor sampel 1-50, *Apis mellifera Acacia mangium* nomor sampel 51-100, *Heterotrigona itama Acacia mangium* diberi nomor sampel 101-150.

Tabel 2 Penomoran Sampel.

Nomor Sampel	Komposisi Bahan
1-50	50 ml madu lebah <i>Apis dorsata Acacia mangium</i>
51-100	50 ml madu lebah <i>Apis mellifera Acacia mangium</i>
101-150	50 ml madu lebah <i>Heterotrigona itama Acacia mangium</i>

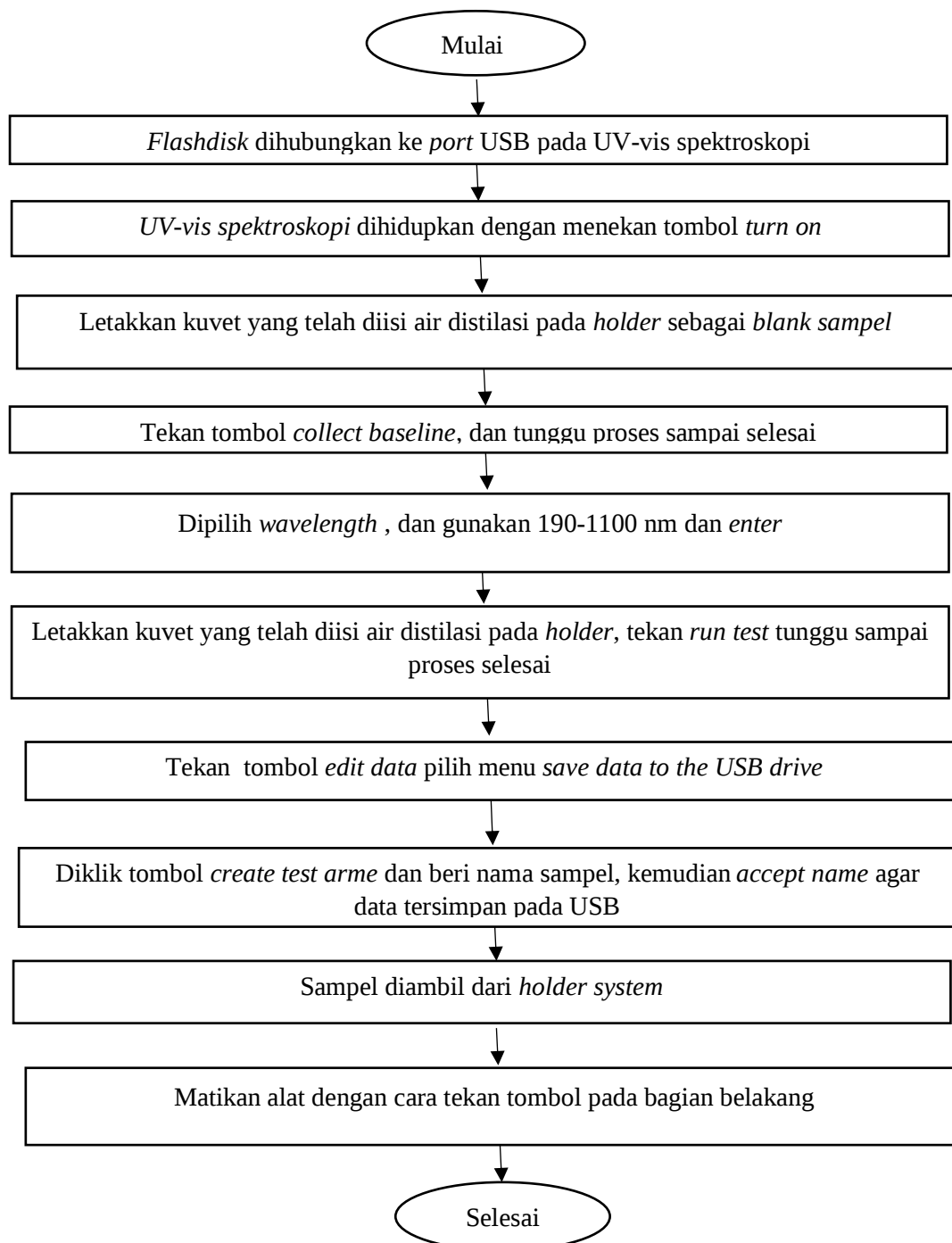
Sampel yang akan digunakan yaitu sebanyak 150 sampel dengan masing-masing satu ulangan proses pengambilan spektra. Diagram alir persiapan bahan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Diagram Alir Persiapan.

3.3.3 Pengambilan spektra menggunakan UV-vis spektroskopi

Proses pengambilan spektra menggunakan spektroskopi UV-vis spektroskopi dapat dilihat pada Gambar 12 (diagram proses pengambilan spektra).



Gambar 12 Diagram Alir Proses Pengambilan Spektra.

3.3.4 Membuat dan Menguji Model

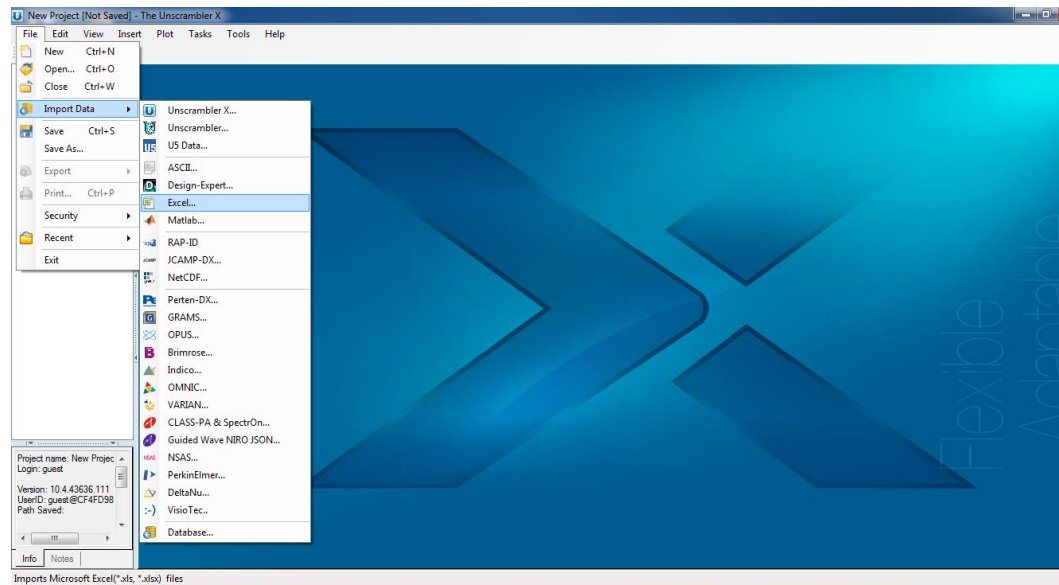
Tahap-tahap pembuatan dan pengujian model dilakukan dengan menggunakan nilai absorbans yang diperoleh dari pengukuran alat spektroskopi, kemudian model dibuat dan diuji menggunakan perangkat lunak *the Unscrambler* versi 10.4 menggunakan SIMCA dan PCA.

3.3.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mendeteksi pola sampel menggunakan perangkat lunak *The Unscrambler* versi 10.4. Sampel yang sudah didapatkan nilai absorbansnya pada tahap pengambilan spektra selanjutnya digabungkan menjadi satu dalam *Microsoft Excel* kemudian dianalisis ke aplikasi *the Unscrambler* 10.4, untuk mengidentifikasi madu monoflora dilakukan menggunakan metode kemometrika PCA dan SIMCA.

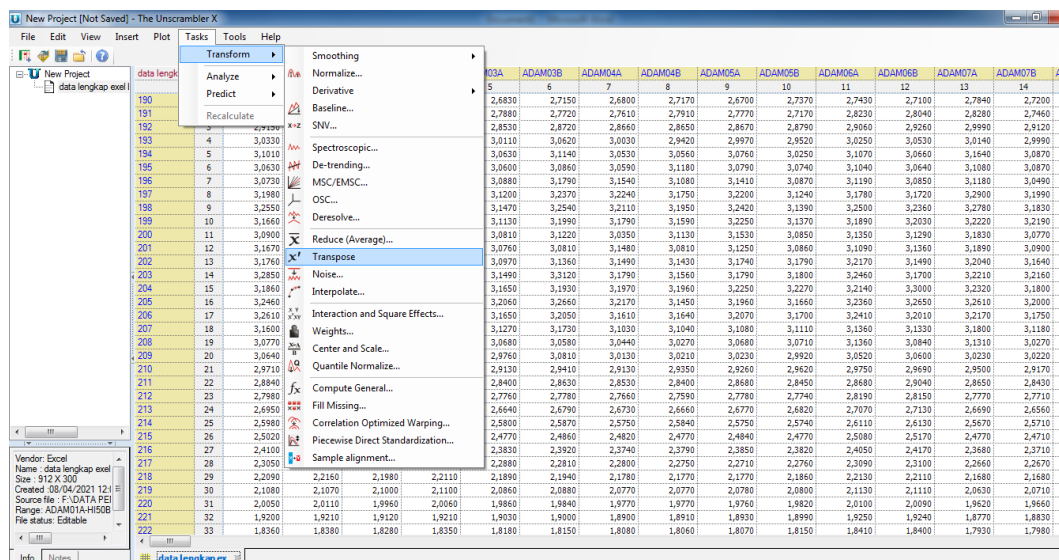
3.3.6 Principal Component Analysis (PCA)

Data yang diambil dari UV-vis spektroskopi pada setiap sampel diambil dua kali spektranya sehingga dari 50 sampel akan terdapat 100 data spektra untuk setiap jenis madu, yaitu 100 sampel madu *Apis dorsata*, 100 sampel madu *Apis mellifera*, dan 100 sampel madu *Heterotrigona itama* yang diambil data absorbansnya. Setelah diperoleh data absorbansnya dan digabungkan menjadi satu pada *Microsoft Excel* dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Cara Mengimpor data dari Microsoft Excel ke the Unscrambler 10.4.

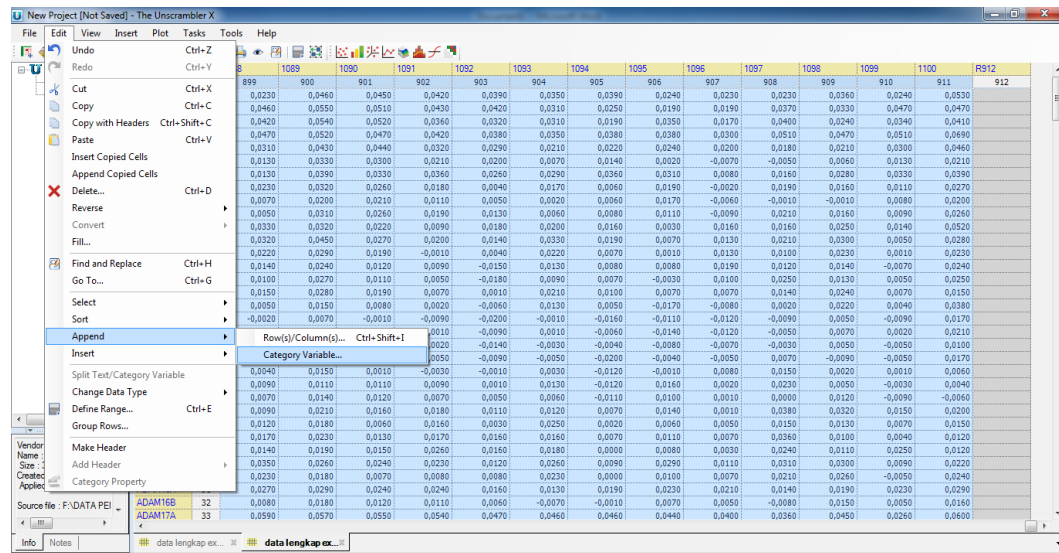
Pada aplikasi the Unscrambler version 10.4, data excel yang digunakan yaitu format Microsoft Excel dengan memilih menu file, pilih Import data, dan pilih excel dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Cara mentranspose data pada The Unscrambler 10.4.

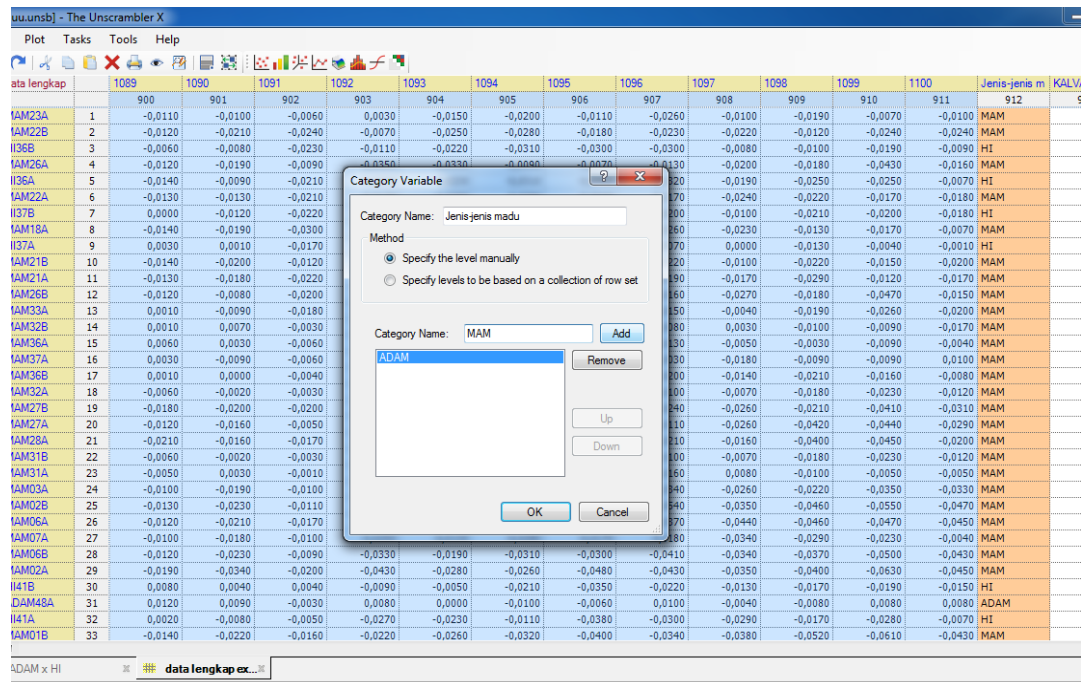
Sebelum mencari nilai PCA pada The Unscrambler 10.4 dilakukan beberapa tahap di antaranya klik menu Edit, kemudian Append dan pilih Category Variable,

kemudian isi *Category Variable Name* dengan “Jenis-jenis Madu” pilih *Next* dan isi *Level Name* dengan madu *Apis dorsata Acasia mangium* (ADAM), *Apis mellifera Acacia mangium* (AMAM) dan *Heterotrigona itama Acasia mangium* (HIAM) dilihat pada Gambar 15.



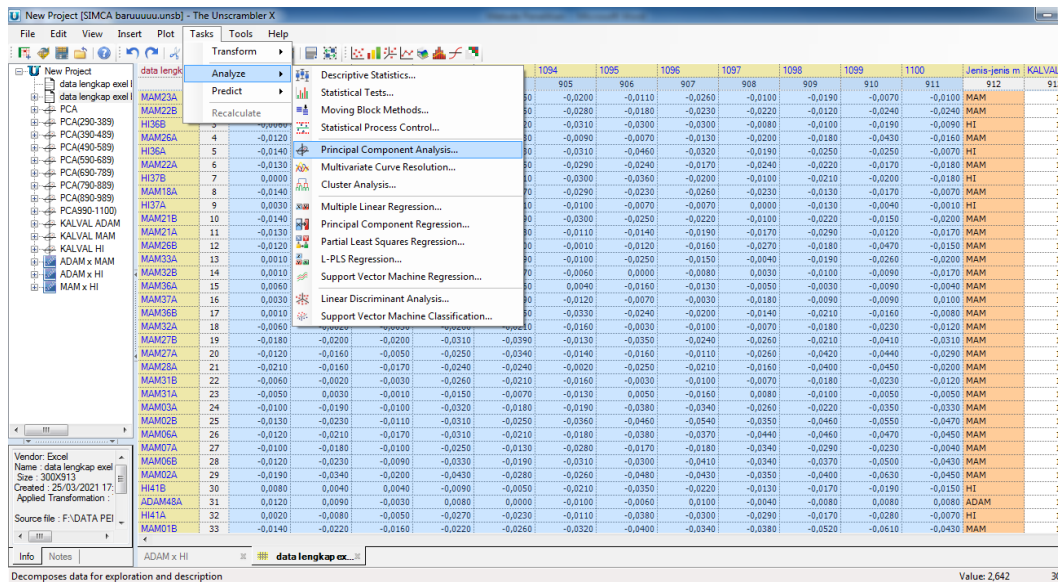
Gambar 15 Cara Pengisian Kolom *Category Variabel*.

Kemudian klik pada kolom “Jenis-jenis Madu” dan isi masing-masing baris sesuai dengan jenis madu. Kemudian sebelum data dianalisis dengan menggunakan PCA, data dikelompokkan sesuai kategori sampel dan variabel. Pengelompokan dilakukan dengan klik menu *modify* kemudian klik *edit set* kemudian isi *sample set* dengan *all sampel* dan *variabel set* dengan *all variable* dapat dilihat pada Gambar 16.

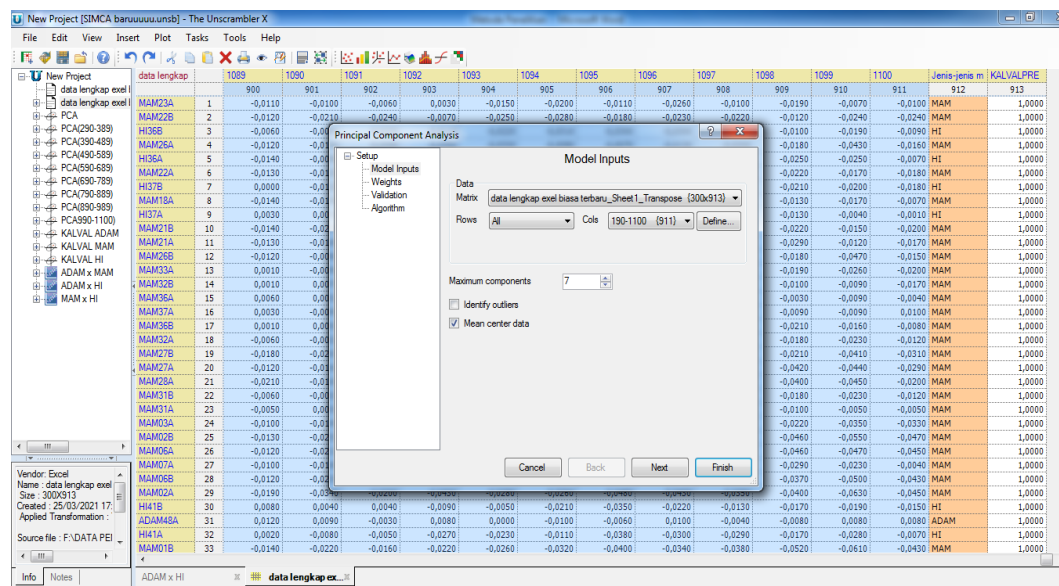


Gambar 16 Menu edit Set.

Setelah data sudah terklasifikasi sesuai jenis madu, kemudian ditambahkan kolom *category variable*, kemudian isi dengan kalibrasi, validasi, prediksi, dan KALVAL (kalibrasi dan validasi) dengan jumlah 100 sampel kalibrasi, 80 sampel validasi 80 sampel prediksi dan 40 sampel untuk KALVAL. Setelah itu, dianalisis menggunakan metode *Principal Componen Analysis* (PCA) dengan cara pilih menu *task* kemudian pilih PCA, dan tekan menu *Edit* kemudian *Sort* dan *Ascending* agar data pada KALVALPRED berurutan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17 Identifikasi nilai PCA.



Gambar 18 Tampilan Menu PCA.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Mampu membangun model yang mengklasifikasikan dan mengidentifikasi madu monoflora dari nektar bunga *Acacia mangium* dengan ketiga jenis lebah madu berbeda yaitu *Apis dorsata*, *Apis mellifera* dan *Heterotrigona itama* dengan hasil analisis penjumlahan PC1 dan PC2 original adalah 92%, dari bangun model SIMCA original pada sampel ADAM hasil analisis penjumlahan PC1 dan PC2 sebesar 87%, untuk sampel AMAM hasil analisis penjumlahan PC1 dan PC2 sebesar 56%, untuk sampel HIAM hasil analisis penjumlahan PC1 dan PC2 sebesar 52%. Hasil analisis penjumlahan PC1 dan PC2 pada perbaikan *Normalize + Moving average* 5 segmen adalah 98%. Untuk SIMCA perbaikan *Normalize + Moving average* 5 segmen sampel ADAM sebesar 99%, untuk sampel AMAM sebesar 84%, untuk sampel HIAM sebesar 83%.
2. Model SIMCA dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan sampel ke dalam kelasnya dengan baik, sehingga ketiga jenis lebah madu *Apis dorsata*, *Apis mellifera* dan *Heterotrigona itama* dapat diklasifikasikan dengan baik dengan hasil kalibrasi original ADAM dan AMAM yang digambarkan menggunakan Plot *Cooman* menunjukkan bahwa sampel ADAM terpisah dengan sampel AMAM dengan jarak yang berjauhan, kemudian pada sampel ADAM terpisah dengan sampel HIAM dengan jarak yang berjauhan, kemudian pada sampel AMAM terpisah dengan sampel HIAM dengan jarak yang berjauhan. Sedangkan hasil prediksi original yang digambarkan menggunakan plot *Cooman*, semua sampel ADAM, AMAM dan HIAM masuk ke dalam kelasnya masing-masing.

Untuk hasil kalibrasi dan prediksi yang digambarkan menggunakan plot *Coomans* setelah menggunakan perbaikan *Normalize + Moving average* 5 segmen sampel ADAM, AMAM, dan HIAM masuk ke dalam kelasnya masing-masing.

3. Kurva ROC data original dan data perbaikan *Normalize + Moving average* 5 segmen dapat dilihat level klasifikasi secara keseluruhan sudah sangat akurat dalam membedakan sampel ADAM, AMAM dan HIAM, hasil ini dibuktikan dari semakin dekatnya kurva ROC dengan garis Y.
4. Penelitian berhasil membedakan madu dengan asal nektar bunga yang sama dan tiga jenis lebah berbeda. Hal ini dapat disimpulkan bahwa UV-vis spektroskopi bisa dilakukan untuk analisis madu nektar bunga yang sama yaitu *Acacia mangium* secara cepat, akurat, dan ramah lingkungan.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat meneliti madu monoflora dengan nektar yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A.1990.*Penelitian Sensori*. Universiti Kebangsaan Malaysia. Malaysia.
- Apratiwi, N. 2016. Studi Penggunaan *UV-Vis Spektroskopi* Untuk Identifikasi Campuran Kopi Luwak dengan Kopi Arabika. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 55 pp.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Data Produksi Madu Di Indonesia. Jakarta.
- Bogdanov, S. 1997. Nature and Origin of The Antibacterial Substance in Honey, *LWT-Food Science and Technology* 3: 748-754.
- Citrasari, D. 2015. Penentuan Adulterasi Daging Babi pada Nugget Ayam Menggunakan NIR dan Kemometrik. (Skripsi). Universitas Jember. Jember. 49 pp.
- Codex Alimentarius Commission, 2001. *Revised Codex Standard for Honey*. Codex Alimentarius Commission. Codex Stan, 12-1981, Rev, 1 1990.
- 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 pp.
- Dian. 2020. <https://images.app.goo.gl/X5gW9i4mbTozFC3C8>. Diakses pada 04 September 2020.
- Faisal, M., & Nugrahadi, D. (2019). *Belajar Data Science Klasifikasi dengan Bahasa Pemrograman R*. Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Scripta Cendekia.
- Firmansyah, R. 2019. Penggunaan *UV-Vis Spectroscopy* dan Metode *Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)* untuk Identifikasi Madu Lebah Hutan Berdasarkan Sumber Nektar. Skripsi. Teknik Pertanian Universitas Lampung. 143 hlmn.

- Franse. 2019. <https://images.app.goo.gl/RsZWXSCfTq8zcq4m9>. Diakses pada 12 Agustus 2019.
- 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 (7): 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*. 587-599 hlm.
- Martono. G. H., Adji. T. B., Setiawan. N. A. 2012. Penggunaan Metodologi Analisa Komponen Utama (PCA) untuk Mereduksi Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Jantung Koroner. (Makalah Seminar Nasional) Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. 5 pp.
- Michener, C. D., 2017. The bees of the world. 2nd edition. The Johns Hopkins University press. Baltimore, USA. 972 p.
- Noviarty dan Angraini, D. 2013. Analisis Neodimium Menggunakan Metoda Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir BATAN*. 11 (6) : 9-17.
- O'Haver, T. 2017. A Pragmatic Introduction to Signal Processing (Essay). Department of Chemistry and Biochemistry, The University of Maryland. College Park. 153 pp.
- Partosoedjono S. 1992. *Pengenalan Pelajaran Serangga*. Terjemahan An Introduction to The Study of Insect. Gadjag Mada University Press. Yogyakarta. 1083 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. Sweden. 120 hlmn.
- Puspitasari, I. 2007. *Rahasia Sehat Madu*. Jogjakarta: B-First (PT. Benteng Pustaka).
- Pyrzynska, K., Magdalena, B. 2009. Analysis of Phenolic Acids and Flavonoids in Honey. *Treed in Analytical Chemistry*. 101(7). 893-902.
- Reyes, F.C., Penuelas, C., Quintanar-Stephano, J.L., Macias-Lopez, E., Bujdud-Perez, J.M., Medina-Ramirez, I. 2017. Spectroscopic Study of Honey from *Apis Millifera* from Different Regions in Mexico. *Spectrochimica Acta – Part A*. 178: 212-217.

- Sabrina, et al. Perbandingan Metode Spektrofotometri UV-Vis dan KCKT (Kromatografi Cair Kinerja Tinggi) Pada Analisis Kadar Asam Benzoat dan Kafein Dalam Teh Kemasan. 2012. Jurnal Kimia Universitas Negeri Malang 2(2):1-12.
- Schuhfried, E., Sanchez del Pulgar, J., Bobba, M., Piro, R., Cappellin, L., Tilmann, D.M., Biasioli, F. 2016. Classification of 7 Monofloral Honey Varieties by PTR-ToF-MS Direct Headspace Analysis and Chemometrics. *Talanta Journal*. 147: 213-219.
- Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J., and Crouch, S.R. 2013. Fundamentals of Analytical Chemistry. 9TH. Cengage Learning. (e- book) Part V. USA. hlm 722-760.
- Soerodjotanojo, S 1996. Membina Usaha Industri Ternak Lebah Madu Apis Mellifera. Balai Pustaka. Jakarta.
- Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa, Y., dan Kondo, N. 2017. Deskriminasi Kopi Lanang Menggunakan Uv-Visible Spectroscopy dan Metode SIMCA. *AGRITEC*, Vol. 37, No. 4, (ISSN print) 0216-0455, (ISSN online) 2527-382.
- Suhandy, D., dan Yulia, M. 2019. *Tutorial Analisis Data Spektra Menggunakan TheUnscrambler Bagian I. Klasifikasi*. Graha Ilmu: Yogyakarta. 148 hlm.
- Suranto, A. 2004. *Khasiat dan Manfaat Madu Herbal*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 115 hlm.
- Suranto, A. 2007. *Terapi Madu*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Wahyudi, T.; T.R. Penggabean dan Pujiyanto 2008. *Panduan Lengkap Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya, Jakarta, 364 hlm.