

**STUDI PENCAMPURAN MADU TIDAK BERSENGAT (*Tetrigona apicalis*)
DENGAN SIRUP JAGUNG HFCS 55 MENGGUNAKAN UV-VIS
SPEKTROSKOPI DAN METODE SIMCA**

(Skripsi)

Oleh

ARIS BAGUS HIMAWAN



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

STUDI PENCAMPURAN MADU TIDAK BERSENGAT (*Tetrigona apicalis*) DENGAN SIRUP JAGUNG HFCS 55 MENGGUNAKAN UV-VIS SPEKTROSKOPI DAN METODE SIMCA

Oleh

ARIS BAGUS HIMAWAN

Madu *Tetrigona apicalis* merupakan salah satu madu bernilai jual tinggi yang dihasilkan oleh lebah tidak bersengat. Nutrisi dan khasiat yang terkandung serta produksinya yang hanya kurang lebih 1 kg per tahun, membuat harga jual madu *Tetrigona apicalis* ini tinggi. Demi memperoleh keuntungan, banyak oknum produsen madu *Tetrigona apicalis* yang melakukan manipulasi dengan cara menambahkan bahan lainnya seperti air, sirup jagung, glukosa, fruktosa, sukrosa ataupun jenis madu lainnya. Penelitian ini menggunakan UV-Vis spektroskopi dan metode SIMCA untuk mengidentifikasi pemalsuan madu *Tetrigona apicalis* nektar *Aghatis dammara* yang dicampur dengan sirup jagung HFCS 55.

Sampel yang digunakan berjumlah 140 sampel yaitu, 20 sampel madu *Tetrigona apicalis* asli (MA) dan 120 sampel madu *Tetrigona apicalis* campuran (MC). Pengambilan spektra dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan pada rentang panjang gelombang 190-1100 nm. Sebelum pengambilan spektra dimulai, sampel madu dipanaskan menggunakan *water bath* dengan suhu 60°C selama 30 menit, kemudian dicampur dengan sirup jagung, diencerkan menggunakan *aquades* dengan perbandingan 1:20 ml dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Data spektra yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan *software Microsoft Excel* dan *The Unscrambler* versi 10.4. Hasil pengujian PCA spektra *original* PC-1 dan PC-2 berjumlah 98%. Hasil PCA terbaik didapatkan menggunakan data spektra *MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* yaitu sebesar 99%. Hasil plot *X-Loading* pada puncak gelombang 290 nm dan 330 nm mengindikasikan senyawa *flavonoid* dan *fenolik* pada madu *Tetrigona apicalis* asli. Hasil klasifikasi model SIMCA MA dan MC memperoleh nilai akurasi, sensitivitas dan spesifisitas sebesar 100% serta nilai eror 0%. Berdasarkan kurva ROC yang menjelaskan hubungan spesifisitas dan sensitivitas, menghasilkan klasifikasi sangat baik dikarenakan semakin dekat dengan garis Y (0,1). Sehingga dapat

mengklasifikasikan antara madu *Tetrigona apicalis* asli dan madu *Tetrigona apicalis* campuran (MC) dengan sangat baik.

Kata kunci: madu *Tetrigona apicalis*, sirup jagung, UV-Vis spektroskopi, PCA, SIMCA.

ABSTRACT

STUDY OF STINGLESS BEES HONEY (*Tetrigona apicalis*) ADULTERATED WITH HFCS 55 CORN SYRUP USING UV-VIS SPECTROSCOPY AND SIMCA METHOD

By

ARIS BAGUS HIMAWAN

Tetrigona apicalis honey is one of the high-selling valuable multiflora honey produced by non-stinging bees. Nutrients and properties contained and its production is only approximately 1 kg per year, making the selling price of honey *Tetrigona apicalis* high. For the sake of profit, many unscrupulous producers of honey *Tetrigona apicalis* do population by adding other ingredients such as water, corn syrup, glucose, fructose, sucrose, or other types of honey. This study used UV-Vis spectroscopy and the SIMCA method to identify adulteration of *Aghatis dammara* Nectar *Tetrigona apicalis* honey mixed with HFCS 55 corn syrup.

The samples used were 140 samples, 20 samples of original *Tetrigona apicalis* honey (MA), and 120 samples of mixed *Tetrigona apicalis* honey (MC). Spectra were taken 2 times over the wavelength range of 190-1100 nm. Before taking the Spectra began, the honey sample was heated using a water bath with a temperature of 60°C for 30 minutes, then mixed with corn syrup, diluted using distilled water in a ratio of 1:20 ml, and stirred using a magnetic stirrer for 10 minutes. The spectral data obtained are then analyzed using Microsoft Excel software and The Unscrambler version 10.4. PCA test results Spectra original PC-1 and PC-2 amounted to 98%. The best PCA results were obtained using MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment Spectra data of 99%. The results of X-Loading plots at wave peaks of 290 nm and 330 nm indicate flavonoid and phenolic compounds in native *Tetrigona apicalis* honey. The results of the classification of SIMCA MA and MC models obtained accuracy, sensitivity, and specificity values of 100% and 0% error values. Based on the ROC curve that describes the relationship between specificity and sensitivity, it produces a very good classification because it is closer to the Y line (0,1). So it can classify between original *Tetrigona apicalis* honey and mixed *Tetrigona apicalis* honey (MC) very well.

Keywords: honey *Tetrigona apicalis*, corn syrup, UV-Vis spectroscopy, PCA, SIMCA

**STUDI PENCAMPURAN MADU TIDAK BERSENGAT (*Tetrigona apicalis*)
DENGAN SIRUP JAGUNG HFCS 55 MENGGUNAKAN UV-VIS
SPEKTROSKOPI DAN METODE SIMCA**

Oleh

Aris Bagus Himawan

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **STUDI PENCAMPURAN MADU TIDAK BERSENGAT (*Tetrigona apicalis*) DENGAN SIRUP JAGUNG HFCS 55 MENGGUNAKAN UV-VIS SPEKTROSKOPI DAN METODE SIMCA**

Nama Mahasiswa : **Aris Bagus Himawan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1814071060**

Program Studi : **Teknik Pertanian**

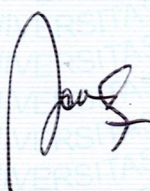
Fakultas : **Pertanian**



1. Komisi Pembimbing


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

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

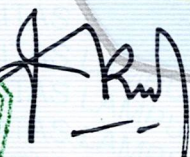
Ketua : **Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.T.P., M.Agr.** 

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

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

2. Dekan Fakultas Pertanian




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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **05 Agustus 2022**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Aris Bagus Himawan** dengan NPM **1814071060**, 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.T.P., M.Agr.** dan **Meinilwita Yulia, S.T.P., M.Agr. Sc.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

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

Bandar Lampung, 08 Agustus 2022
membuat pernyataan,



Aris Bagus Himawan
NPM. 1814071060

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 17 Oktober 2000. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Mulyono dan Ibu Yuyun Estianawati. Penulis menempuh pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) di TK Nurul Iman pada tahun 2006. Pendidikan Sekolah Dasar (SD)

dilanjutkan di SD Negeri 1 Sukaraja yang saat ini berubah nama menjadi SD Negeri 2 Gedong Tataan dan lulus pada tahun 2012. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Gading Rejo dan lulus pada tahun 2015 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 1 Gedong Tataan pada tahun 2018.

Tahun 2018, penulis terdaftar sebagai salah satu mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai Anggota Bidang Informasi dan Komunikasi pada periode 2018-2019.

Tanggal 01 Februari-10 Maret 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 tahun 2021 di Desa Bagelen, Kecamatan Gedong Tataan,

Kabupaten Pesawaran selama 40 hari. Kemudian, pada tanggal 02 Agustus-10 September 2021, penulis melakukan kegiatan Praktik Umum (PU) di Dinas Pertanian Kabupaten Pringsewu dengan judul “Mempelajari Proses Pemanenan Padi Menggunakan *Combine Harvester* di UPJA Berlian Timur Kecamatan Gading Rejo Kabupaten Pringsewu”.

Persembahkan

Alhamdulillahirabbil'alamin

Karya ini kutunjukkan kepada :

Kedua Orang Tua

Ayahku Hi. Mulyono, S.P. (Rahimahullah) dan Ibuku Hj. Yuyun Estianawati, S.Sos. yang telah selalu mengupayakan segala yang dimiliki baik berupa materi, tenaga, pikiran serta doa demi keberhasilanku

Kedua Adikku

Sabrina Rakhel Zahirah dan Anela Ramadhani Putri yang telah memberikan dukungan, semangat serta doanya

Serta

“Kepada Almamater Tercinta”

Teknik Pertanian Universitas Lampung 2018

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW dan keluarga serta para sahabatnya. Skripsi penulis berjudul “**Studi Pencampuran Madu Tidak Bersengat (*Tetrigona Apicalis*) Dengan Sirup Jagung HFCS 55 Menggunakan Uv-Vis Spektroskopi Dan Metode SIMCA**” merupakan salah syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis memahami dan menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini terdapat begitu banyak kekurangan dan kesalahan. Serta banyak pihak yang memberikan bantuan, dukungan serta memberikan bimbingan kepada penulis selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ucapkan terimakasih kepada semua pihak, diantaranya:

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

5. Bapak Dr. Ir. Warji, S.T.P., M.Si., IPM., selaku dosen pembahas penulis yang telah memberikan kritik, koreksi dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
7. Seluruh Staf Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
8. Ayahku Hi. Mulyono, S.P. (rahimahullah), Ibuku Hj. Yuyun Estianawati, S.Sos., kedua Adikku Sabrina Rakhel Zahirah dan Anela Ramadhani Putri, serta seluruh keluarga atas semua doa, kasih sayang, dukungan dan nasihat yang telah diberikan.
9. Sahabatku M. Rizky Kurniawan, Ekayana, Monicha Damayanti dan Yosua B. Sihotang yang selalu mendengarkan keluh kesahku, berbagi cerita, memberikan semangat serta dukungan dalam penelitian hingga proses penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman terdekat dan seperjuangan skripsi (Alissa, Fina, Ghifari, Reza, Ivo, Adit).
11. Keluarga Teknik Pertanian 2018 yang telah membantu dan menemani penulis selama perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna. Semoga skripsi ini menjadi manfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung,
Penulis

Aris Bagus Himawan

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xxi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	7
1.4. Manfaat Penelitian	7
1.5. Batasan Masalah	7
1.6. Hipotesis	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Lebah <i>Trigona</i>	9
2.2. Madu	11
2.3. Jenis Madu	12
2.4. Kandungan Madu.....	13
2.5. Manfaat Madu	15
2.6. Sirup Jagung (HFCS).....	15
2.7. UV-Vis Spektroskopi.....	16
2.8. Metode Kemometrika	19
2.8.1. <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	20
2.8.2. <i>Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)</i>	21
2.8.3. Matriks Konfusi (<i>Confusion Matrix</i>)	22
2.8.4. <i>Pretreatment</i>	24
III. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1. Waktu dan Tempat	28
3.2. Alat dan Bahan.....	28
3.3. Prosedur Penelitian	28
3.3.1. Persiapan Alat	29
3.3.2. Prosedur Persiapan Bahan.....	30

3.4. Pengambilan Spektra Menggunakan Spektrometer	36
3.5. Membuat dan Menguji Model	39
3.6. Analisis Data	39
3.7. <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	39
3.8. Membangun Model Klasifikasi Menggunakan Analisis <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA)	47
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1. Analisis Spektra Madu <i>Tetrigona apicalis</i> Nektar <i>Agathis dammara</i>	55
4.1.1. Analisis Spektra Madu <i>Tetrigona apicalis</i> Murni dan Campuran Menggunakan Data Spektra <i>Original</i> dengan Panjang Gelombang 190-1100 nm	56
4.1.2. Analisis Spektra Madu <i>Tetrigona apicalis</i> Murni dan Campuran Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	59
4.2. Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	61
4.2.1. Hasil Analisis PCA Terhadap Data Spektra <i>Original</i> pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	62
4.2.2. Hasil Analisis PCA Terhadap Data <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	66
4.3. Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA) pada Panjang Gelombang 190-1100 nm.....	69
4.3.1. Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA) Data Spektra <i>Original</i>	70
4.3.2. Model <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i> (SIMCA) Data Spektra <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	72
4.4. Klasifikasi Menggunakan Sampel Baru (Sampel Prediksi).....	74
4.4.1. Klasifikasi Menggunakan Data <i>Original</i>	74
4.4.2. Klasifikasi Menggunakan Data <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	75
4.5. <i>Coomans Plot</i>	76
4.5.1. <i>Coomans Plot</i> Data Spektra <i>Original</i> pada Panjang Gelombang 190-1100 nm	76
4.5.2. <i>Coomans Plot</i> Data Spektra <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	77
4.6. Kurva <i>Receiver Operating Characteristic</i> (ROC).....	78
4.6.1. Kurva ROC Menggunakan Data Spektra <i>Original</i>	79
4.6.2. Kurva ROC Menggunakan Data Spektra <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	80
V. KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan madu (Bogdanov, 1997).	14
2. Sifat fisikokimia dari madu <i>Tetrigona apicalis</i> (Souza dkk., 2006)	14
3. Hubungan nilai absorbansi dan transmitansi (Edinburgh Instruments, 2022)..	18
4. Matriks konfusi	23
5. Pemberian nomor sampel	34
6. Hasil perhitungan matriks konfusi serta nilai PC menggunakan beberapa kombinasi <i>Pretreatment</i>	60
7. Matriks konfusi model SIMCA MA dan MC data <i>original</i>	74
8. Matriks konfusi model SIMCA MA dan MC data <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	75
9. Hasil tingkat spesifisitas dan sensitivitas klasifikasi MA dan MC data spektra <i>original</i> pada panjang gelombang 190-1100 nm.....	79
10. Hasil tingkat spesifisitas dan sensitivitas klasifikasi MA dan MC data spektra <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i> pada panjang gelombang 190-1100 nm.....	81
<i>Lampiran</i>	
11. Tabel istilah (Suhandy & Yulia, 2019)	93
12. Hasil PCA menggunakan data spektra <i>original</i>	95
13. Hasil PCA menggunakan data spektra <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	101
14. Klasifikasi model SIMCA menggunakan spektra data <i>original</i>	107
15. Klasifikasi model SIMCA menggunakan spektra data <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average</i>	109

16. Data <i>Coomans Plot</i> menggunakan data spektra <i>original</i> sampel prediksi MA dan MC	111
17. Data <i>Coomans Plot</i> menggunakan data spektra <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average</i> sampel prediksi MA dan MC.....	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Madu lebah <i>Tetrigona apicalis</i>	4
2. Morfologi lebah <i>Trigona</i> (Sumber: Budidaya Lebah Madu Kelulut Sebagai Alternatif Mata Pencaharian Masyarakat, 2020).....	9
3. Koloni lebah madu <i>Tetrigona apicalis</i>	10
4. Kasta lebah <i>Trigona</i> kiri ke kanan : Ratu, Pekerja dan Pejantan (Sumber: Budidaya Lebah Madu Kelulut Sebagai Alternatif Mata Pencaharian Masyarakat, 2020)	11
5. Diagram alir prosedur penelitian.....	29
6. Peta lokasi pemanenan madu <i>Tetrigona apicalis</i> di Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung	30
7. Pemanasan madu.....	31
8. Proses pencampuran madu dengan HFCS 55	32
9. Pengenceran madu dengan <i>aquades</i>	33
10. Pengadukan sampel menggunakan <i>magnetic stirrer</i>	33
11. Persiapan sampel.....	35
12. Diagram alir persiapan bahan.....	36
13. Pengambilan spektra	37
14. Diagram alir pengambilan spektra (Firmansyah, 2019).....	38
15. Penggabungan data pada <i>Microsoft Excel</i>	40
16. Langkah <i>Import</i> data	40
17. Langkah <i>Transpose</i> data di aplikasi <i>The Unscrambler version 10.4</i>	41
18. Proses membuat <i>Category Variable</i>	42
19. Proses pengisian <i>Level Name</i>	42
20. Pengisian jenis madu sesuai kelompoknya	43

21. Proses <i>Define Range</i>	43
22. Menentukan KALVALPRED	44
23. Proses analisis PCA	44
24. <i>Model Input</i>	45
25. <i>Weights</i>	45
26. <i>Validation</i>	46
27. <i>Algorithm</i>	46
28. Hasil <i>Plot</i> analisis PCA	47
29. Proses membangun model SIMCA	48
30. <i>Classify Using SIMCA</i>	49
31. Tabel pengelompokan hasil proses SIMCA	49
32. <i>Plot Coomans</i>	50
33. Proses <i>Pretreatment</i>	51
34. Proses <i>Pretreatment MSC/EMSC</i>	52
35. Proses <i>Pretreatment SNV</i>	52
36. Proses <i>Pretreatment Normalize</i>	53
37. Proses <i>Pretreatment Smoothing Moving Average</i>	54
38. Madu <i>Tetrigona apicalis</i> murni (MA), madu <i>Tetrigona apicalis</i> campuran (MC10-MC60) dan HFCS	55
39. Grafik nilai rata-rata spektra <i>original</i> sampel MA, MC10-MC60 dan HFCS pada panjang gelombang 190-1100 nm	57
40. Grafik nilai rata-rata absorbans sampel MA, MC10-MC60 dan HFCS pada panjang gelombang 190-1100 nm menggunakan <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	59
41. Hasil <i>Plot Score</i> PCA data <i>original</i> berdasarkan MA dan MC dengan level pencampuran yang berbeda	62
42. Hasil <i>Plot Score</i> PCA data <i>original</i> berdasarkan MA dan MC	63
43. Grafik <i>X-Loading</i> PC-1 dan PC-2 data <i>original</i>	64
44. Hasil <i>Plot Score</i> PCA data <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i> berdasarkan MA dan MC dengan level pencampuran yang berbeda	66
45. Hasil <i>Plot Score</i> PCA data <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i> berdasarkan MA dan MC	67

46. Grafik <i>X-Loading</i> PC-1 dan PC-2 data <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	68
47. Model SIMCA PC-1 dan PC-2 MA data spektra <i>original</i> dengan panjang gelombang 190-1100 nm.....	70
48. Model SIMCA PC-2 dan PC-3 MA data spektra <i>original</i> dengan panjang gelombang 190-1100 nm.....	71
49. Model SIMCA MC data spektra <i>original</i> menggunakan panjang gelombang 190-1100 nm dengan level campuran 10%-60%	71
50. Model SIMCA MA data spektra <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i> pada panjang gelombang 190-1100 nm.....	72
51. Model SIMCA MC data spektra <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i> pada panjang gelombang 190-1100 nm.....	73
52. <i>Coomans Plot</i> hasil model SIMCA MA dan MC data spektra <i>original</i> pada panjang gelombang 190-1100 nm	77
53. <i>Coomans Plot</i> hasil model SIMCA MA dan MC data spektra <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	78
54. Kurva ROC klasifikasi MA dan MC menggunakan data spektra <i>original</i>	80
55. Kurva ROC klasifikasi MA dan MC menggunakan data spektra <i>Pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment</i>	82
<i>Lampiran</i>	
56. Sampel madu <i>Tetrigona apicalis</i> (a) dan bahan pencampur HFCS 55 (b) ...	115
57. Sampel pengenceran 1:20 ml (a) dan air distilasi (b).....	115
58. <i>UV-Vis Spectrometer Genesys 10S UV-Vis (Thermo Electron Instrument, USA)</i> (a) dan kuvet (b).....	116
59. <i>Magnetic Stirrer (CiblancTM, China)</i> (a) dan <i>Water Bath jenis Digiterm 200 (J.P. Selecta, Spain)</i> (b)	116
60. Pipet (a) dan Spatula (b).....	116

DAFTAR SINGKATAN

- MA : Madu Asli (madu *Tetrigona apicalis* murni)
- MC : Madu Campuran (madu *Tetrigona apicalis* yang telah dicampur dengan sirup jagung)
- MC10 : Madu Campuran dengan kadar pencampuran 10% (9 ml Madu + 1 ml HFCS 55)
- MC20 : Madu Campuran dengan kadar pencampuran 20% (8 ml Madu + 2 ml HFCS 55)
- MC30 : Madu Campuran dengan kadar pencampuran 30% (7 ml Madu + 3 ml HFCS 55)
- MC40 : Madu Campuran dengan kadar pencampuran 40% (6 ml Madu + 4 ml HFCS 55)
- MC50 : Madu Campuran dengan kadar pencampuran 50% (5 ml Madu + 5 ml HFCS 55)
- MC60 : Madu Campuran dengan kadar pencampuran 60% (4 ml Madu + 6 ml HFCS 55)
- HFCS : *High Fructose Corn Syrup* (sirup jagung)
- PCA : *Principal Component Analysis*
- PC : *Principal Component*
- SIMCA : *Soft Independent Modelling of Class Analogy*
- ROC : *Receiver Operating Characteristic*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia termasuk negara beriklim tropis yang mempunyai hutan tropis sebagai salah satu sumber daya alamnya. Hutan tropis yang dimiliki Indonesia sangat memungkinkan bagi beragam jenis flora dan fauna untuk hidup dan beradaptasi. Disebutkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2019, tercatat luas hutan yang dimiliki Indonesia yaitu seluas 120.281.600 hektare (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020). Dengan luas hutan yang dimiliki, komoditas kayu merupakan komoditas utama dalam produksi hutan dan terdapat komoditas unggulan lainnya yang dimiliki hutan Indonesia yaitu madu. Sejak lama madu sudah dikenal oleh masyarakat sebagai hasil hutan yang penuh akan khasiat bagi tubuh seperti anti toksin, obat luka, suplemen kesehatan, kecantikan, serta digunakan pada industri minuman dan makanan.

Lebah madu terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu lebah bersengat dan lebah tak bersengat (*stingless honey bees*). Lebah *Trigona* (*Trigona sp.*) adalah lebah tak bersengat yang hidup di wilayah iklim tropis dan beberapa wilayah iklim subtropis. Diperkirakan terdapat ratusan jenis *Trigona*, tetapi karena kedekatan kekerabatan antar lebah *Trigona* membuat sulit dalam membedakannya (Michener, 2007). Indonesia setidaknya memiliki 40 jenis lebah *Trigona* yang terbagi dalam beberapa marga antara lain: *Tetrigona*, *Heterotrigona*, *Tetragonula*, *Lepidotrigona*, *Geniotrigona*, dan lainnya. Lebah *Trigona* mempunyai sebutan lokal di beberapa daerah antara lain: *klanceng* (jawa), *kelulut* (melayu), *gala-gala* (minang), *teuweul* (sunda), *ketape* (Sulawesi), dan *keledan* (Lombok). Terdapat beberapa jenis lebah *Trigona* yang telah ditenak yaitu *T. laeviceps*, *Heterotrigona*

itama, T. drescheri, Tetrigona apicalis, Geniotrigona thoracica, dan Lepidotrigona terminata (Rasmussen, 2008).

Madu paling banyak dimanfaatkan sebagai bahan peningkat rasa (*flavoring agent*) serta memiliki fungsi sebagai antioksidan, antimikroba, regulator gula darah, dan dapat meningkatkan sistem imun tubuh (Purwadi dkk., 2017). Madu merupakan bahan konsumsi yang tidak menyebabkan alergi, hal tersebut dikarenakan madu mudah berasimilasi dengan tubuh dan dapat digunakan sebagai penyedia energi (Rahman dkk., 2010).

Di dalam Al-Quran sendiri keistimewaan lebah dan madu disebutkan pada (Qs. An Nahl;68-69) yang berbunyi

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ (٦٨) ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (٦٩)

Artinya : Dan Tuhanmu mewahyukan kepada lebah : "Buatlah sarang-sarang di bukit-bukit, di pohon-pohon kayu, dan di tempat-tempat yang dibikin manusia",kemudian makanlah dari tiap-tiap (macam) buah-buahan dan tempuhlah jalan Tuhanmu yang telah dimudahkan (bagimu) dari perut lebah itu ke luar minuman (madu) yang bermacam-macam warnanya, di dalamnya terdapat obat yang menyembuhkan bagi manusia. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Tuhan) bagi orang-orang yang memikirkan".

Dengan banyaknya manfaat dan keistimewaan madu, tentunya madu menjadi bahan konsumsi pangan yang populer dan bernilai jual tinggi. Nilai jual yang tinggi tersebut berasal dari nutrisi yang terkandung dalam madu seperti asam amino, asam organik, vitamin, antioksidan, mineral, enzim dan senyawa lainnya (Da Silva dkk., 2016). Hal lain yang mempengaruhi keistimewaan madu adalah asal geografis dan sumber nektarnya. Berdasarkan sumber nektarnya, madu dibagi menjadi dua jenis yaitu madu multiflora yang sumber nektarnya berasal dari nektar berbagai jenis tumbuhan dan madu uniflora yang memiliki sumber nektar yang hanya didominasi dari satu jenis tumbuhan (Schuhfried dkk., 2016). Madu yang dihasilkan oleh lebah *Trigona* memiliki rasa asam dan mempunyai harga

jual yang tinggi (Sadam dkk., 2016). Dibalik rasa yang masam tersebut, madu *Tetrigona apicalis* memiliki kandungan antioksidan dan aktivitas antimikroba yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan madu yang dihasilkan oleh lebah jenis lainnya. Serta diketahui bahwa madu *Tetrigona apicalis* memiliki kandungan *flavonoid* dan *fenolik* yang tinggi (Harjanto dkk., 2020). Hal yang menyebabkan harga jual madu *Trigona* tinggi adalah dikarenakan lebah *Trigona* menghasilkan madu yang hanya sedikit. Setiap tahunnya, lebah *Trigona* hanya memproduksi lebih kurang satu kilogram madu. Sedangkan jenis lebah madu lainnya dapat memproduksi 75 kg madu per tahunnya (Djajasaputra, 2010).

Melihat harga jual madu *Trigona* yang tinggi, tidak sedikit masyarakat yang berusaha beternak lebah *Trigona* untuk mendapatkan madunya dan menjual madu lebah *Trigona*. Dikarenakan produksinya yang sedikit, terdapat beberapa oknum penjual madu yang berlaku curang yaitu dengan mencampurkan madu *Trigona* asli dengan campuran lainnya. Salah satu bahan pencampuran madu dengan bahan lain seperti pemanis buatan (sirup jagung, sirup beras), sukrosa, glukosa, fruktosa dan air. Di antara bahan campuran tersebut, terdapat sirup jagung atau biasa disebut HFCS (*high fructose corn syrup*) yang dimungkinkan digunakan para oknum untuk berlaku curang. Hal tersebut dikarenakan HFCS mempunyai kelarutan yang mirip dengan madu serta memiliki tingkat keasaman dan kemanisan yang mendukung karakteristik madu. HFCS juga memiliki 3 kategori, yaitu 90%, 42% serta khusus 55% yang akan digunakan dalam penelitian ini dikarenakan mempunyai kadar asam dan manis yang tidak terlalu tinggi dan rendah. Dan hal mendukung lainnya bagi para oknum menggunakan HFCS sebagai bahan campuran madu adalah harga HFCS yang relatif murah (Parker dkk., 2010). Selain mempunyai harga yang relatif murah atau terjangkau, HFCS mempunyai umur simpan yang lebih lama (Brackett, 2008). Selain itu, HFCS saat ini banyak digunakan dalam industri permen, *soft drink* makanan, farmasi, alkohol dan juga makanan hewan (Winarno, 1992).



Gambar 1. Madu lebah *Tetrigona apicalis*

Salah satu cara untuk membedakan antara jenis madu asli dengan madu campuran atau oplosan adalah dengan cara evaluasi sensori. Evaluasi sensori adalah cara yang dilakukan langsung oleh manusia dengan panca indra yaitu indra perasa, indra penglihatan, indra peraba, dan aroma. Tetapi metode ini memiliki kelemahan karena keterbatasan fisik dalam menjelaskan dan mendiskripsikan ciri suatu bahan. Beberapa riset yang telah dilakukan dengan evaluasi sensori adalah Kualitas Madu yang Beredar Di Kota Bengkulu Berdasarkan Penilaian Konsumen dan Uji Secara Empirik (Saepudin dkk., 2014), Kajian Karakteristik Alat Pengurangan Kadar Air Madu Dengan Sistem Vakum yang Berkondensor (Amanto dkk., 2013), Kualitas Beberapa Jenis Madu Hasil Budidaya Di Kecamatan Dawe Kabupaten Kudus (A. W. Wibowo, 2019) dan Uji Sifat Fisik Sediaan Salep Kombinasi Madu Kelulut (*Trigona sp.*) dan Minyak Cengkeh (*Syzygium aromaticum L.*) (Suprawijaya dkk., 2021).

Metode NIR (*Near Infra Red*) dapat mengatasi dari beberapa kelemahan metode evaluasi sensori. Namun metode NIR ini pun memiliki kekurangan yaitu harus menggunakan alat spektrometer dan sumber cahaya (*light source*) yang mahal sehingga menjadi kendala dalam perkembangan teknologi di Indonesia (Suhandy dkk., 2018). Beberapa riset yang telah dilakukan menggunakan metode NIR adalah Deteksi Adulterasi Madu Menggunakan Metode Spektrofotometri *Near*

Infrared (NIR) dan Kemometrik (Anggriyani, 2019), Kajian Teknologi *Near Infrared Spectroscopy* Sebagai Metode Baru untuk Prediksi Kualitas Madu (Munawar dkk., 2017) dan Uji Stabilitas Karotenoid dalam Madu (Hariyani, 2012).

Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan di atas perlu diterapkan suatu teknologi yang tepat untuk mengetahui perbedaan dari berbagai jenis madu yaitu menggunakan UV-Vis spektroskopi untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat terhadap berbagai jenis madu di Indonesia. Kelebihan UV-Vis spektroskopi adalah ekstraksi sampelnya dapat menggunakan air sebagai pelarut sehingga biaya yang dibutuhkan tidak terlalu mahal serta ketepatan waktu dan nilai akhir yang akurat. Dalam melakukan analisa data UV-Vis spektroskopi pun sudah banyak ditemukan pada laboratorium di perguruan tinggi karena alat ini termasuk alat yang digunakan untuk menganalisis warna.

Penggunaan UV-Vis spektroskopi sudah terbukti berhasil untuk mendeteksi keaslian beberapa produk pertanian seperti madu, kopi dan teh. Beberapa riset pengujian tersebut adalah 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 Tiga Kopi Robusta Lampung Berdasarkan Jenis Pupuk (Andriyani, 2019), 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 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).

Hasil yang diperoleh UV-Vis Spektroskopi merupakan data nilai absorbans. Data nilai absorbans tersebut perlu dilakukannya *Pretreatment*. *Pretreatment* bertujuan untuk menghilangkan atau meminimalisir adanya *noise* atau informasi yang tidak relevan dengan target analisis data. Beberapa *pretreatment* yang akan dilakukan terhadap data *original* tersebut seperti MSC/EMSC, SNV, *Normalize* dan *Smoothing Moving Average*. *Pretreatment* terbaik dapat dilihat melalui seberapa besar nilai akurasi, spesifisitas, sensitivitas dan sedikit atau semakin kecilnya nilai eror.

Melihat dari hasil penelusuran pustaka menunjukkan bahwa penggunaan UV-Vis spektroskopi terhadap madu *Tetrigona apicalis* asli dan madu yang telah dicampur dengan sirup jagung belum pernah dilaksanakan. Sehingga, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui keaslian madu *Tetrigona apicalis* dan membedakan antara madu *Tetrigona apicalis* asli dan madu *Tetrigona apicalis* yang telah dicampur dengan HFCS 55 menggunakan UV-Vis spektroskopi dan metode SIMCA sehingga mampu membedakan madu *Tetrigona apicalis* asli dan madu *Tetrigona apicalis* yang telah dicampur HFCS 55.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian ini mempunyai rumusan masalah yaitu sampai saat ini madu masih sangat berguna oleh masyarakat. Namun, karena kebutuhan madu yang tinggi tetapi tingkat produksi yang tidak terlalu tinggi atau tidak seimbang antara permintaan dan produksi banyak orang yang memalsukan keaslian madu. Memalsukan madu tersebut dengan cara mencampurkan madu asli dengan bahan berupa pemanis buatan berupa sirup jagung (HFCS) yang harganya tergolong murah. Jenis madu *Tetrigona apicalis* ini banyak dilakukan pemalsuan karena jenis madu ini tergolong madu yang mempunyai khasiat berlimpah, nilai jual yang tinggi tetapi tingkat produksi yang sedikit. Sehingga pemalsuan menjadi faktor utama bagi oknum penjual madu dalam meningkatkan keuntungan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk membedakan madu *Tetrigona apicalis* murni dengan madu *Tetrigona apicalis* yang telah dicampur dengan HFCS 55% (*high fructose corn syrup*) dengan kadar pencampuran antara 10%-60% berdasarkan data spektra di daerah UV-Vis.
2. Untuk membangun dan menguji model dengan metode SIMCA untuk menentukan keaslian madu *Tetrigona apicalis* sehingga dapat dibedakan antara madu *Tetrigona apicalis* murni dan madu *Tetrigona apicalis* campuran (dioplos HFCS 55%).

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini mempunyai manfaat yaitu dapat memberikan informasi kepada masyarakat terkait kadar pemalsuan HFCS 55% terhadap madu *Tetrigona apicalis* serta bahan referensi tentang Studi Pencampuran Madu Tidak Bersengat (*Tetrigona Apicalis*) Dengan Sirup Jagung HFCS 55 Menggunakan 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 tidak bersengat *Tetrigona apicalis*.
2. Tidak dilakukan uji kimia pada sampel madu maupun HFCS 55% yang digunakan.

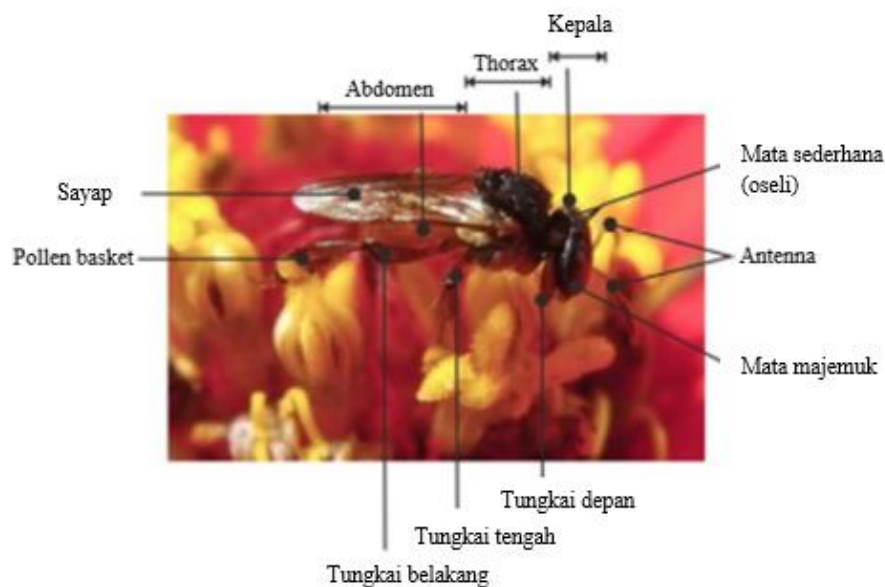
1.6. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu dengan teknologi UV-Vis spektroskopi dapat membedakan madu *Tetrigona apicalis* asli dan madu *Tetrigona apicalis* yang dicampur dengan HFCS 55% berdasarkan kandungan spektranya menggunakan metode SIMCA (*Soft Independent Modelling of Class Analogy*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lebah Trigona

Pada penelitian ini terfokus pada lebah *Tetrigona apicalis*. Lebah *Tetrigona apicalis* juga merupakan salah satu lebah yang sudah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia dan termasuk lebah jenis *Trigona*. Kelebihan lebah jenis *Trigona* yaitu tidak mempunyai sengat (*stingless bee*). Lebah *Trigona* mempunyai ukuran tubuh yang kecil dan berkerabat dekat dengan lebah madu bersengat (*Apis* spp.) dalam famili Apidae. Mempunyai 3 bagian tubuh, yaitu kepala, *thorax* (dada) dan *abdomen* (perut). Pada bagian kepala terdapat 3 mata sederhana (*oseli*), sepasang mata majemuk serta sepasang antena yang berfungsi sebagai organ peraba yang berada di dekat mata. Di bagian *thorax* memiliki 2 pasang sayap dan 3 pasang tungkai. Terkhusus di bagian tungkai belakang lebah *Trigona* dilengkapi dengan *pollen basket* (Harjanto dkk., 2020).



Gambar 2. Morfologi lebah *Trigona* (Sumber: Budidaya Lebah Madu Kelulut Sebagai Alternatif Mata Pencaharian Masyarakat, 2020)

Lebah *Trigona* ini hidup secara berkelompok dan membentuk koloni. Dalam satu koloni lebah *Trigona*, dapat berjumlah 300 hingga 80000 lebah (Free, 1982).

Kelompok lebah *Trigona* hidup di kawasan tropis hingga subtropis. Setidaknya di bumi ini terdapat lebih dari 500 jenis lebah *Trigona*. Negara yang terdapat pada benua Amerika beriklim tropis menyumbangkan 300 jenis, benua Afrika menyumbangkan 50 jenis dan benua Asia menyumbangkan 60 jenis serta benua Australia hanya sekitar 10 jenis (Bradbear, 2009). Menurut Rasmussen (2008), lebah *Trigona* mempunyai klasifikasi taksonomi sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Hymenoptera
Famili : Apidae
Tribus : Meliponini
Genus : *Trigona*
Marga : *Geniotrigona*, *Heterotrigona*, *Lepidotrigona*, *Tetrigona*,
Tetragonula, dan lain - lain
Spesies : *Tetrigona apicalis*



Gambar 3. Koloni lebah madu *Tetrigona apicalis*

Lebah *Trigona* memiliki cara hidup *eusosial*, atau perilaku hidup bersama serta dengan sistem pembagian kerja sama seperti beberapa serangga lainnya yaitu semut dan rayap. Pada sistem sosial tersebut, lebah memiliki satu (atau terkadang lebih dari satu) ratu lebah, ratusan lebah jantan (*drone*) dan lebah pekerja yang berjumlah ratusan hingga ribuan. Ratu lebah mempunyai tugas sebagai pemimpin serta berkelamin betina dan fertil. Lebah jantan bertugas mengawini ratu lebah dan lebah jantan ini berasal dari telur yang tidak dibuahi (Kofi dkk., 2010). Adapun lebah pekerja bertugas dalam menjaga keamanan, mengumpulkan pakan dan merawat serta membangun sarang (Harjanto dkk., 2020).



Gambar 4. Kasta lebah *Trigona* kiri ke kanan : Ratu, Pekerja dan Pejantan
(Sumber: Budidaya Lebah Madu Kelulut Sebagai Alternatif Mata Pencaharian Masyarakat, 2020)

Lebah *Trigona* sering mencari makan di pagi hari dibandingkan di sore hari. Hal tersebut dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan juga ukuran tubuhnya yang mempengaruhi daya jelajahnya. Lebah *Trigona* mempunyai ukuran 5 mm dengan daya jelajah sekitar 600 m (Nelli, 2004). Produksi madu lebah *Trigona* masih tergolong sedikit, berkisar 1-2 kg per tahun. Hal tersebut disebabkan daya jelajah serta budidaya lebah *Trigona* belum berkembang. Tetapi keunggulan yang dimiliki lebah *Trigona* adalah dapat memproduksi propolis cukup tinggi yaitu berkisar 3 kg per koloni tiap tahunnya dibandingkan lebah *apis* yang hanya memproduksi 20-30 g propolis per koloni per tahun (Syafriзал, 2014).

2.2. Madu

Madu didefinisikan sebagai bahan pangan dengan rasa manis, berwarna emas hingga kecokelatan, kental dan memiliki kadar gula tinggi tetapi rendah lemak.

Lebah madu menghasilkan madu dengan sumber nektar yang berasal dari sari bunga tanaman (*floral nektar*) atau bagian lain tanaman (*ekstra floral*) yang selanjutnya melewati proses enzimatik serta berfungsi sebagai cadangan makanan (Bogdanov, 1997). Kandungan gula yang terkandung pada nektar sebesar 20-40% dan akan dikonsentrasikan kembali oleh lebah sehingga didapatkan 83% kandungan bahan padat. Lalu enzim invertase ditambahkan oleh lebah supaya terbentuknya glukosa dan fruktosa yang berasal dari sukrosa yang terpecah (B. A. Wibowo, 2016).

Hutan tropis yang dimiliki oleh beberapa negara di benua Asia menyebabkan madu yang dihasilkan memiliki kecenderungan tinggi kadar air. Jenis nektar yang dihisap oleh lebah mengakibatkan madu memiliki beragam macam aroma, rasa, khasiat, dan kegunaan. Madu yang diteliti pada penelitian ini merupakan madu yang diperoleh dari lebah *Trigona apicalis*. Madu yang diproduksi lebah *Trigona apicalis* memiliki aroma khusus dan memiliki campuran rasa asam manis seperti buah lemon. Sesuai dengan pernyataan di atas bahwa aroma yang dimiliki madu lebah *Tetrigona apicalis* berasal dari resin tumbuhan dan bunga yang dihirup oleh lebah tersebut (Fatoni, 2008).

2.3. Jenis Madu

Penggolongan madu berdasarkan pada sumber nektar yang diperoleh dari spesies tanaman. Madu yang mendapatkan sumber nektar dari beberapa tanaman dan tanaman yang tidak berpengaruh maka disebut madu multiflora atau poliflora, contohnya seperti madu hutan Indonesia yang sifat hutannya berupa hutan heterogen. Sedangkan lebah yang menghasilkan madu dengan sumber nektarnya dari dominan satu tanaman disebut madu monoflora. Ada pula madu yang nektarnya dihasilkan dari dua jenis tanaman berbeda atau disebut bioflora. Lebah cenderung mengambil sumber nektar hanya pada satu tanaman. Akan tetapi, apabila satu tanaman tersebut tidak dapat memenuhi sumber pangannya maka lebah akan mengumpulkan nektar dari jenis tanaman lainnya (Suranto, 2004).

Selain dua jenis madu yang telah disebutkan, terdapat beberapa jenis madu lainnya seperti madu flora (*blossom*) dan madu ekstra flora (*honeydew*). Madu flora dihasilkan dari nektar bunga sebagai sumbernya. Madu ekstra flora dihasilkan dari sekresi tanaman tertentu, yaitu berasal dari larutan yang terdapat pada batang, daun dan cabang pohon serta dapat juga berasal dari sekresi serangga penghisap tumbuhan, khususnya dari famili *Aphididae* (Iglesias dkk., 2004). Perbedaan antara kedua jenis madu ini terletak pada aroma dan rasa. Aroma madu *blossom* lebih kuat dibandingkan madu *honeydew*, sedangkan rasa madu *honeydew* lebih manis dibandingkan madu *blossom* (Castro-Vázquez dkk., 2006).

2.4. Kandungan Madu

Banyak mineral yang terkandung dalam madu, seperti kalsium, aluminium, besi, natrium, magnesium, kalium, dan fosfor. Kandungan vitamin yang terkandung dalam madu antara lain, asam askorbat (C), thiamin (B1), niasin, biotin, riboflavin (B2), piridoksin (B6), vitamin K, asam folat dan asam pantotenat. Kandungan lain yang memiliki peran penting dalam madu adalah enzim. Beberapa enzim tersebut adalah glukosa oksidase, enzim diastase, lipase, invertase dan peroksidase. Semua zat terkandung tersebut adalah zat yang sangat bermanfaat bagi sistem metabolisme tubuh (Suranto, 2004). Berdasarkan asal polennya, madu digolongkan menjadi madu NP (*natural pollen*) dan madu PS (*pollen substitute*). Madu NP atau madu alami umumnya tersusun atas 82,4% karbohidrat, 17,1% air, 0,5 % protein, 31 % glukosa, 38% fruktosa, 12,9% gula lain, asam amino, vitamin, senyawa *fenolik*, asam organik dan mineral (Kuntadi & Widiarti, 2012). Kandungan madu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan madu (Bogdanov, 1997).

Komposisi	Rata-rata (<i>miliequivalen</i>)	Kisaran nilai (<i>miliequivalen</i>)
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

Pada penelitian ini digunakan madu *Tetrigona apicalis* yang memiliki karakteristik lebih encer dan memiliki warna coklat amber. Mempunyai rasa masam karena memiliki nilai pH 3,05-4,55. Dengan persentase kadar air lebih banyak yaitu sekitar 30-35%. Sifat fisiokimia madu *Tetrigona apicalis* dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Sifat fisikokimia dari madu *Tetrigona apicalis* (Souza dkk., 2006)

Sifat Fisikokimia	Madu Lebah Tak Bersengat (<i>Tetrigona apicalis</i>)
Kenampakan	Coklat amber
Kelembaban (%)	25,02
pH	3,05-4,55
Gula Pereduksi (%)	55-86
Glukosa (%)	8,20-30,98
Fruktosa (%)	31,11-40,20
Sukrosa (%)	0,31-1,26
Konduktivitas (mS/cm)	0,49-8,77
Kadar abu (g/100g)	0,01-0,12

Madu *Tetrigona apicalis* ini juga mengandung beberapa senyawa seperti 4-hydroxyphenylacetic acid, cerumen dan protocatechuic acid (PCA) yang berfungsi sebagai antioksidan (Kakkar & Bais, 2014).

2.5. Manfaat Madu

Dengan komposisi yang telah disebutkan sebelumnya, madu dapat digunakan sumber stamina yang baik bagi tubuh karena kandungan garam mineral dan kandungan lainnya serta tidak perlu lagi memerlukan pengolahan sebelum dimanfaatkan oleh manusia (Sihombing, 1997). Selain mempunyai manfaat untuk membangun stamina dan juga untuk meningkatkan kekebalan stamina tubuh. Beberapa jenis penyakit yang dapat disembuhkan menggunakan madu antara lain radang usus, hipertensi, jantung dan penyakit lambung. Zat asetil kolin yang terkandung di dalam madu mampu melancarkan metabolisme di dalam tubuh seperti menurunkan tekanan darah dan memperlancar peredaran darah. Madu juga disarankan untuk dikonsumsi bagi ibu hamil agar terhindar dari keracunan pada kehamilan, meningkatkan kekebalan tubuh dan juga baik bagi perkembangan anak (Suranto, 2004).

Madu *Tetrigona apicalis* memiliki senyawa *protocatechuic acid* (PCA) sebagai antioksidan yang bermanfaat untuk meningkatkan proliferasi sel pada proses penyembuhan terhadap luka (Kakkar & Bais, 2014). Dan juga memiliki kandungan antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri dalam tubuh.

2.6. Sirup Jagung (HFCS)

Sesuai dengan standar SNI 3544, sirup merupakan minuman yang terdiri dari paduan gula dan air dengan takaran gula minimum 65% atau dengan tambahan bahan lain yang diperbolehkan sesuai aturan. HFCS (*high fructose corn syrup*) adalah pemanis buatan pengganti sukrosa dengan bahan utamanya adalah jagung

dan bahan kimia sebagai campuran serta enzim untuk menghidrolisis pati jagung. HFCS dihasilkan dengan menggunakan cara hidrolisis kimia dan enzimatis pati jagung yang memiliki amilosa dan amilopektin. Sirup jagung sebagian besar mengandung glukosa yang diikuti isomerisasi glukosa dalam sirup jagung sehingga dihasilkan sirup jagung fruktosa tinggi (HFCS) (SNI 3544 (BSN), 2013).

HFCS terdiri dari 3 kategori, yaitu HFCS 90 yang mengandung 90% fruktosa dan 10% glukosa, HFCS 42 yang mengandung 42% fruktosa dan 58% glukosa serta HFCS 55 yang digunakan dalam penelitian ini mengandung 55% fruktosa dan 45% glukosa. HFCS memiliki banyak keunggulan dibandingkan sukrosa dalam industri olahan makanan dan minuman dan hal yang membuat HFCS lebih menarik adalah rasa manis, keasaman, kelarutan dan mempunyai nilai jual yang tergolong murah. HFCS banyak di produksi di negara Amerika Serikat untuk memenuhi sebagian fungsionalitas dalam campuran makanan dan minuman. Contoh makanan dan minuman yang mengandung HFCS, seperti biskuit, kue, roti, selai serta jeli, dan beberapa jenis minuman seperti minuman bersoda, jus, es krim dan masih banyak yang lainnya (Parker dkk., 2010).

2.7. UV-Vis Spektroskopi

Spektrofotometri adalah metode analisis berdasarkan absorbsi cahaya yang melalui suatu larutan yang telah ditentukan konsentrasinya dengan panjang gelombang tertentu. Spektrofotometer adalah alat yang bekerja dengan kaidah spektrofotometri. Spektrofotometer terdiri dari dua gabungan alat yaitu spektrometer dan fotometer. Spektrometer adalah alat yang dapat menghasilkan sinar spektrum dengan panjang gelombang tertentu. Sedangkan fotometer merupakan alat yang akan mengukur intensitas cahaya yang diserap atau diteruskan (Gholib, 2007). Spektrofotometri ialah metode analisis kimia yang berguna untuk memastikan kandungan pada sampel berdasarkan hubungan antara cahaya dan materi secara kualitatif dan kuantitatif. Cahaya yang digunakan dapat berupa cahaya *ultraviolet*, inframerah dan *visible*. Absorpsi merupakan bentuk interaksi

antara cahaya dan materi, yang akan terjadi proses penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu (Octaviani dkk., 2014).

Gabungan antara Spektrofotometer *ultraviolet* dan *visible* disebut Spektrofotometer *UV-Vis*, yang menggunakan dua sumber cahaya berupa cahaya *ultraviolet* dan tampak (*visible*). Pada sistem spektrofotometer, *Uv-Vis* lebih populer digunakan sebab penggunaannya yang mudah dan mampu digunakan terhadap sampel yang berwarna ataupun tidak. Serapan cahaya yang dapat diukur oleh Spektrofotometer *UV-Vis* yaitu cahaya ultraviolet (200-350 nm) dan sinar tampak (350-800 nm) dari suatu senyawa. Cahaya *UV* dan *Visible* yang diserap menyebabkan transisi (peralihan) elektronik, dengan promosi elektron-elektron yang berasal dari orbital keadaan dasar menuju orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi (Apratiwi dkk., 2017). Penyerapan cahaya atau disebut absorbansi berkorelasi dengan cahaya yang diteruskan atau disebut transmitansi. Hubungan keduanya adalah apabila semakin tinggi intensitas absorbansi yang didapat maka akan semakin rendah intensitas transmitansinya.

Transmitansi merupakan perbandingan dari intensitas cahaya yang diteruskan melewati sampel (*I*) dengan intensitas cahaya yang datang sebelum cahaya tersebut melewati sampel (*I_o*) (Edinburgh Instruments, 2022). Perbandingan tersebut dijelaskan oleh persamaan berikut ini:

$$T = \frac{I}{I_0} \dots\dots\dots (1)$$

Nilai transmitansi adalah antara 0 hingga 1, tetapi lebih umum dinyatakan secara persen transmitan, sesuai dengan rumus berikut:

$$T(\%) = 100 \frac{I}{I_0} \dots\dots\dots (2)$$

Korelasi antara absorbansi terhadap transmitansi, intensitas cahaya yang datang sebelum melalui sampel (*I_o*) dan intensitas cahaya yang diteruskan melewati sampel (*I*) dijelaskan pada persamaan berikut:

$$A = \log_{10} \frac{I_0}{I} \dots\dots\dots (3)$$

$$A = -\log_{10} T \dots\dots\dots (4)$$

Terdapat hubungan logaritmik antara absorbansi terhadap transmitansi, jika nilai absorbansi bernilai 0 atau cahaya yang diserap tidak ada, maka transmitansi bernilai 100% dengan arti seluruh cahaya diteruskan. Sedangkan apabila absorbansi memiliki nilai 1, maka nilai transmitansi adalah 10%. Hubungan logaritmik antara absorbansi dan transmitansi dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hubungan nilai absorbansi dan transmitansi (Edinburgh Instruments, 2022)

Absorbansi	Transmitansi
0	100%
1	10%
2	1%
3	0,1%
4	0,01%
5	0,001%

Komponen utama dari Spektrofotometer yaitu :

1. Lampu xenon sebagai sumber cahaya *UV-Vis* Spektrofotometer.
2. Monokromator berguna untuk memecah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis dengan menggunakan alat berupa grating (kisi difraksi). Keuntungan yang diberikan kisi difraksi dalam proses spektroskopi adalah berupa sinar yang terdispersi akan disebarkan secara merata, serta dengan memiliki pendispersi yang sama bertujuan mendapatkan hasil dispersi yang lebih baik. Fungsi lain dari kisi difraksi yaitu untuk menjangkau seluruh jangkauan spektrum.
3. Kuvet yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang di daerah UV menggunakan sel kuarsa, karena pada daerah ini kuvet gelas tidak tembus cahaya. Umumnya kuvet memiliki ketebalan 10 mm, tetapi dengan kuvet yang lebih tebal maupun lebih tipis juga dapat digunakan.
4. Detektor berfungsi sebagai penerima serta pemberi sinyal di berbagai panjang gelombang terhadap cahaya.

5. Amplifier memiliki fungsi sebagai penguat sinyal yang mengakibatkan keluaran yang cukup besar sehingga mampu dideteksi oleh alat pengukur. Amplifier ini dibutuhkan saat sinyal listrik elektronik yang dialirkan sudah melewati detektor (Mulja, 1995).

Alat spektrofotometer ini mempunyai cara kerja yaitu saat prisma atau *grafting* menyaring cahaya yang akan dilewatkan menuju sampel atau blangko, kemudian akan diterima sebagai intensitas cahaya oleh fotometer. Perbandingan transmitansi ini berlaku pada hukum *Lambert-Beer*. Hukum ini menyatakan mengenai serapan cahaya yang dihasilkan dari unsur kimia secara kuantitatif (dapat diukur). Berkas cahaya putih atau disebut sinar polikromatis akan melewati suatu objek dan kemungkinan terjadinya refleksi, absorbsi ataupun transmisi dari objek yang dianalisis. Dengan kata lain apabila radiasi elektromagnetik mengenai suatu larutan maka radiasi tersebut dapat diteruskan, dipantulkan ataupun diserap (Mulja, 1995).

2.8. Metode Kemometrika

Multi disiplin ilmu yang menyertakan pemodelan matematika, multivariate, informasi teknologi dan statistik, terkhusus yang diterapkan pada data kimia disebut metode kemometrika. Dilakukan analisis multivariat untuk meringkas data variabel dengan membuat variabel baru yang memuat informasi. Variabel baru yang telah dibuat selanjutnya digunakan untuk pemecahan masalah dan tampilan, yaitu dalam pengelompokan hubungan dan mengontrol grafik. Salah satunya adalah PCA (*principal component analysis*), PCA merupakan sebuah transformasi linier yang berguna untuk menarik fitur dari data pada sebuah skala berdimensi tinggi. Data yang diproyeksikan PCA akan masuk ke dalam *subspace*. Metode PCA mampu memperkecil ukuran data tanpa menghilangkan informasi penting data tersebut (Roggo dkk., 2007).

2.8.1. *Principal Component Analysis (PCA)*

Principal component analysis (PCA) ialah salah satu cara menurunkan jumlah peubah pada suatu matriks data. Program PCA memiliki prinsip menemukan komponen utama yang berupa gabungan linier dari peubah asli. Digunakannya PCA juga untuk mengimplementasikan sampel dengan cara menjadikan kelompok yang umum, melakukan pemodelan data, mengetahui adanya pencilan (*outliers*), dan menyeleksi peubah untuk diklasifikasikan serta melakukan pemodelan komponen utama 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. Fungsi dari kedua komponen ini adalah sebagai bidang proyeksi utama dalam pemeriksaan visual data multivariat (Miller & Miller, 2000).

Principal component analysis (PCA) dapat mengidentifikasi adanya penyebab perbedaan antar sampel, menentukan variabel yang berperan besar terhadap perbedaan sampel serta dapat mengkuantifikasi beberapa informasi baik informasi berguna dan tidak sesuai (*noise*) yang akan dikeluarkan dalam bentuk data (Suhandy & Yulia, 2019). Berikut tiga atribut yang sesuai pada hasil PCA :

1. Nilai Varian

Nilai varian merupakan nilai yang menyatakan tingkat kesalahan dalam melakukan proses olah data serta memberikan berapa banyak data informasi yang telah diperhitungkan secara berurutan oleh komponen model.

2. *Loadings*

Loadings merupakan suatu skala yang memberikan informasi berupa gambaran struktur data dengan bentuk variable yang saling berkaitan atau berhubungan dan di setiap variabelnya memiliki nilai *loadings* pada masing – masing PC nya. Nilai *Loadings* juga menggambarkan peran variabel terhadap PC dan memperhitungkan seberapa baik kinerja dari PC saat memperhitungkan varian dari variabel tersebut. Semakin kecil hubungan antara PC dan variabel maka berbanding terbalik dengan

nilai *loadings* yang didapat akan semakin besar. Variasi nilai *loadings* dari -1 sampai +1.

3. Nilai Skor

Nilai skor merupakan nilai yang menggambarkan perbedaan atau kesamaan antar masing – masing sampel. PC yang dihasilkan memiliki nilai skor pada setiap sampel, lalu sampel akan dikoordinatkan lokasinya di sepanjang PC tersebut. Atau dengan kata lain, nilai skor menggambarkan struktur data dari pola sampel.

Hubungan nilai skor PCA dan *loadings* adalah nilai *loadings* yang akan menunjukkan bagaimana data tersebut bergerak disepanjang komponen (PC) lalu di interpretasi dari PC tersebut untuk diterjemahkan makna dari nilai skor. Agar dapat mengetahui bahwa nilai skor dan *loadings* bekerja, maka sebelumnya kita harus mengetahui terlebih dahulu bahwa PC adalah sumbu terarah. Sehingga didapat nilai skor maupun nilai *loadings* bernilai positif maupun negatif (Suhandy & Yulia, 2019).

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

Soft independent modeling of class analogy (SIMCA) merupakan metode analisis multivariat yang memiliki fungsi sebagai penguji kekuatan klasifikasi dan diskriminasi sampel. Fungsi lain SIMCA adalah supaya sampel dapat masuk sesuai kelas yang dibuat dengan benar. Dasar metode klasifikasi ini terdapat pada model PCA yang telah dibentuk untuk setiap kelas dan tiap sampel terklasifikasi sesuai model PCA yang tersedia. SIMCA memiliki *output* (keluaran) berbentuk tabel pengelompokan (klasifikasi), dan pada tabel tersebut terlihat sampel yang dikelompokkan masuk pada satu kelas, beberapa (2 atau lebih) kelas, atau tidak masuk (terklasifikasi) ke dalam kelas manapun (Nurcahyo, 2015).

Pembuatan dan pengujian model yang dibangun dengan program SIMCA, SIMCA termasuk ke dalam PCA tetapi nilai sensitivitas pembacaan data SIMCA

mempunyai nilai yang lebih besar (*supervised*). Berikut beberapa prosedur yang dilakukan untuk menerapkan SIMCA :

- a. Dilakukan pelepasan PCA di setiap kelas pada data set dengan jumlah yang layak.
- b. Dipertahankan komponen utama untuk beberapa variasi data di tiap-tiap kelas.
- c. Dibuat klasifikasi yang dilakukan di dalam SIMCA dengan cara melakukan perbandingan variasi residual dari sampel dengan rata-rata residual varian sampel yang membentuk kelas. Maka, dengan perbandingan tersebut dapat memberikan ukuran langsung dari kesamaan sampel pada kelas tertentu serta dapat dianggap sebagai ukuran *goodness of fit* dari sampel untuk model kelas tertentu (Lavine, 2009).

2.8.3. Matriks Konfusi (*Confusion Matrix*)

Hasil kerja klasifikasi SIMCA dicatat dengan matriks konfusi. Matriks konfusi berfungsi untuk melaksanakan pengujian dan memprediksi objek yang tepat atau tidak. Matriks konfusi mempunyai sejumlah rumus keluaran yaitu akurasi, sensitivitas, spesifisitas dan eror. Nilai klasifikasi dari rumus akurasi berguna untuk membuktikan bahwa model yang telah dibangun telah terbukti akurat.

Selanjutnya sensitivitas menentukan nilai sensibilitas kerja dalam melakukan penolakan terhadap sampel yang tidak termasuk dalam kelasnya. Apabila nilai sensitivitas semakin tinggi, hal itu menunjukkan bahwa model yang dibangun semakin mengenali karakteristik dari sampel yang diuji (efektif). Kemudian spesifisitas yaitu kemampuan dari model yang dibangun supaya dapat mengarahkan sampel masuk ke dalam kelas secara tepat. Apabila sampel yang diarahkan dapat masuk sesuai dengan kelasnya dengan tepat, maka nilai spesifisitas akan tinggi. Dengan didapatnya nilai sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi hal itu dapat menunjukkan nilai akurasi. Dengan ketiga nilai tersebut tinggi,

dapat disimpulkan bahwa model yang telah dibuat merupakan model yang tepat (Lavine, 2009).

Adapun nilai eror memperlihatkan ketidaktepatan dalam mengklasifikasikan model yang telah dibangun atau dengan kata lain sampel yang diuji tidak masuk ke dalam kelas dengan tepat. Apabila nilai eror tinggi, maka hal tersebut menunjukkan semakin buruk model yang dibangun tetapi apabila nilai eror rendah hal itu menunjukkan bahwa model yang telah dibangun telah tepat (Apratiwi dkk., 2017). Dapat dilihat matriks konfusi yang merupakan keluaran dari empat hasil tersebut pada Tabel 3.

Tabel 4. 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 :

$$1. \text{ Akurasi (AC)} \quad : \frac{a+d}{a+b+c+d} \dots\dots\dots (5)$$

$$2. \text{ Sensitivitas (S)} \quad : \frac{d}{b+d} \dots\dots\dots (6)$$

$$3. \text{ Spesifisitas (SP)} \quad : \frac{a}{a+c} \dots\dots\dots (7)$$

$$4. \text{ Error} \quad : \frac{b+c}{a+d+b+c} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

TP : *True Positive* TN : *True Negative*

FP : *False Positive* FN : *False Negative*

a : Sampel kelas A yang masuk ke dalam kelas A (TP)

b : Sampel kelas A yang masuk ke dalam kelas B (FP)

c : Sampel kelas B yang masuk ke dalam kelas A (FN)

d : Sampel kelas B yang masuk ke dalam kelas B (TN)

Kelas A : Kelas sampel madu *Tetrigona apicalis* murni/asli

Kelas B : Kelas sampel madu *Tetrigona apicalis* dengan campuran sirup jagung (HFCS 55) (Faisal & Nugrahadi, 2019).

Nilai akurasi menurut Vercellis (2009) memiliki 5 tingkatan performansi, yaitu:

- a. Akurasi bernilai 0,90 – 1,00 = *excellent classification*/sangat memuaskan.
- b. Akurasi bernilai 0,80 – 0,90 = *good classification*/baik.
- c. Akurasi bernilai 0,70 – 0,80 = *fair classification*/dapat diterima.
- d. Akurasi bernilai 0,60 – 0,70 = *poor classification*/buruk.
- e. Akurasi bernilai 0,50 – 0,60 = *failur calassification*/gagal

2.8.4. Pretreatment

Agar mendapatkan model yang lebih akurat, diperlukan perlakuan *pretreatment* spektra. Fungsi *pretreatment* yaitu supaya *noise* dan interferensi gelombang data spektra yang diperoleh dapat dikurangi. Sebelum pengembangan model analisis dilakukan, data spektra yang didapat terlebih dahulu akan mendapat *pretreatment* pada data kalibrasi maupun prediksi. Untuk memperbaiki spektra, terdapat 4 metode *pretreatment* yang dapat digunakan, yaitu sebagai berikut : (O’Haver, 2017), (Galindo-Prieto, 2017), (Kusumaningrum dkk., 2018)).

a. *Smoothing Moving Average*

Smoothing moving average adalah salah satu cara yang kerap dipakai guna menghilangkan *noise*. *Smoothing moving average* umumnya digabungkan dengan metode lain. Persamaan metode *smoothing moving average* ditulis sebagai berikut.

$$S_j = \frac{Y_{j-1} + Y_j + Y_{j+1}}{3} \dots\dots\dots (9)$$

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

Pembagi dan penyebut dapat berubah sesuai dengan segmen yang dibuat, dengan contoh pada rumus di atas menggunakan segmen berjumlah 3. Karena hasil dari *smoothing moving average* adalah bilangan ganjil maka hasil akan terpusat di tengah.

b. *Multiplicative Scatter Correction (MSC)*

MSC adalah metode pendekatan untuk mengurangi *amplification (multiplicative, scattering)* efek di spektrum. Variasi cahaya yang menyebar pada data spektroskopi dapat diperbaiki menggunakan *multiplicative scatter correction*. MSC memiliki tujuan utama yaitu agar semua sampel diperbaiki sehingga semua sampel persebaran cahayanya memiliki tingkat yang sama.

Berikut persamaan yang digunakan dalam metode MSC.

$$X_{org} = a_i + b_i \bar{x}_j + e_i \dots\dots\dots(10)$$

$$x_{i, MSC} = \frac{X_{org} - a_i}{b_i} \dots\dots\dots(11)$$

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

Mencari nilai MSC dapat dilakukan dengan cara mencari koefisien regresi terlebih dahulu. Yaitu dengan a_i dan b_i yang didapat dari persamaan regresi tiap sampel pada grafik linier yang telah dibentuk dan menunjukkan persamaan $y = a + bx$ pada sampel i . Koefisien regresi yang sudah didapat dan dihitung menggunakan persamaan di atas maka perhitungan MSC dapat dilakukan.

c. Standard Normal Variate (SNV)

SNV adalah cara transformasi guna menghilangkan efek hamburan (*scatter effects*) yang terdapat pada spektrum, dengan cara menskala dan memusatkan spektrum individual. Hasil SNV yaitu, menghilangkan *multiplicative interferences* dari *scatter effects* data spektra. SNV memiliki tujuan utama yaitu menghapus gangguan multiplikasi dari ukuran dan persebaran partikel. Metode SNV memiliki rumus persamaan sebagai berikut:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^k (i_k - x_i)^2}{K-1}} \dots\dots\dots(13)$$

$$x_{ik} = \frac{X_{ik} - x_i}{S_i} \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan :

S_i : Standar deviasi

K : Jumlah data pada sampel i

i : Indeks sampel

k : Indeks panjang gelombang

X_{ik} : Nilai SNV dari sampel i pada panjang gelombang k

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

X_i : Nilai rata-rata pada sampel i

d. Mean Normalization (MN)

Mean Normalization bekerja dengan cara pada titik suatu spektra ditransformasikan ke dalam sebuah unit serta semua data didekati dalam skala yang sama. Metode *mean centering* berguna untuk menghitung jumlah data spektrum yang diperoleh. Berikut rumus dari pretreatment mean normalization :

$$x_{mean(i,k)} = \frac{X_{raw}}{X_{mean}} \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

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

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 Januari 2022 di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen Pertanian (Lab. RBPP), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

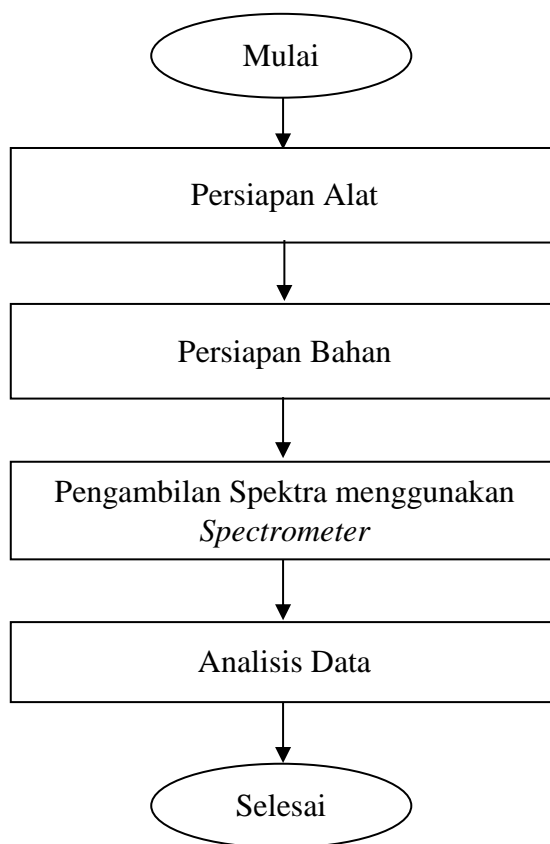
3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah *UV-vis spectroscopy* jenis *Genesys 10S UV-Vis* (*Thermo Electron Instrumen*, USA), flashdisk, laptop, kuvet, *water bath* jenis *Digiterm 200* (J.P. Selecta, Spain), pipet ukur, pipet ukur 2 ml, gelas beker, labu *Erlenmeyer* 50 ml, gelas ukur, *magnetic stirrer* (*CiblancTM*, China), corong plastik dan spatula. Sedangkan bahan yang digunakan adalah madu lebah tanpa sengat *Tetrigona apicalis* yang diperoleh dari PT Suhita Lebah Indonesia, sirup jagung (HFCS 55%) dan air distilasi.

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan guna membuat model madu lebah tidak bersengat *Tetrigona apicalis* murni dan madu *Tetrigona apicalis* campuran. Dalam melakukan penelitian ini melewati beberapa prosedur penelitian yang terdiri dari persiapan alat dan bahan yang digunakan, kemudian persiapan sampel yang meliputi proses pemanasan madu dan pemanis buatan. Proses selanjutnya setiap sampel diencerkan, diaduk sampel menggunakan pengaduk magnetik, kemudian dilakukan proses pengambilan spektra dan proses selanjutnya data dianalisis

dengan menggunakan metode SIMCA. Diagram alir prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir prosedur penelitian

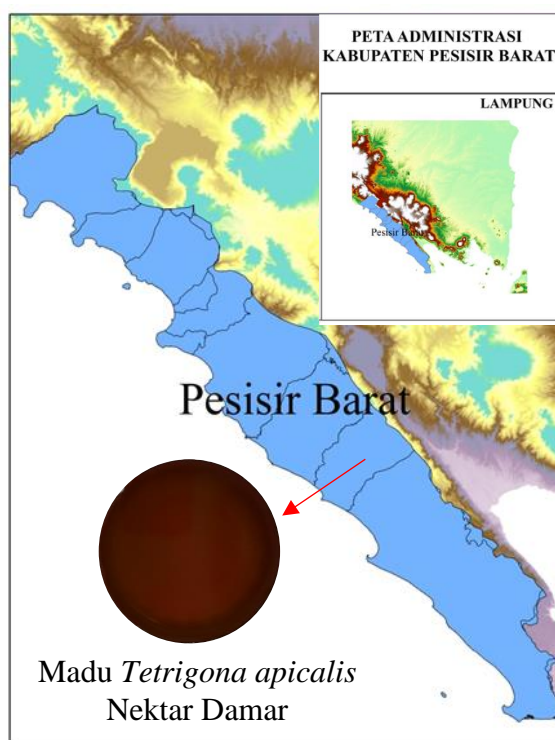
3.3.1. Persiapan Alat

Tahap awal ini menyiapkan alat yang akan digunakan dengan lengkap, menempatkan pada posisi baik dan juga dilakukannya pemeriksaan kondisi dari masing – masing alat. Hal ini dilakukan supaya penelitian dapat terlaksana dengan lancar. Pemeriksaan kondisi alat juga diperhatikan supaya alat yang digunakan dapat berfungsi sebagai mestinya.

3.3.2. Prosedur Persiapan Bahan

Hal yang perlu dilakukan sebelum madu dan pemanis buatan yang akan digunakan sebagai sampel penelitian, antara lain :

1. Penyimpanan Madu dan Pemanis Buatan



Gambar 6. Peta lokasi pemanenan madu *Tetrigona apicalis* di Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung

Penelitian ini menggunakan sampel madu dari lebah tidak bersengat *Tetrigona apicalis* nektar *Agathis dammara*. Sampel madu tersebut diperoleh dan diproses oleh PT Suhita Lebah Indonesia yang terletak di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Madu *Tetrigona apicalis* ini dipanen oleh *bee keeper* Bapak Janjiyanto di daerah Pesisir Barat pada tanggal 20 September 2021 dengan vegetasi dominan daerah tersebut adalah dominan pohon damar. Peta lokasi pemanenan madu dapat dilihat pada Gambar 6.

Pencampur madu pada penelitian ini menggunakan sirup jagung (*high fructose corn syrup*). Berkarakteristik kental, berwarna putih jernih, mempunyai rasa manis dan sedikit masam. Mengandung glukosa dan fruktosa serta enzim seperti,

enzim *isomerase* yang berfungsi sebagai katalis dalam proses konversi *high glucose corn syrup* menjadi *high fructose corn syrup*. Untuk kadar HFCS yang digunakan pada penelitian ini adalah HFCS 55 (dengan komposisi 55% fruktosa dan 45% glukosa).

Madu *Tetrigona apicalis* dengan nektar *Agathis dammara* yang diperoleh dari PT Suhita Lebah Indonesia disimpan dengan suhu rendah (20-25°C) di laboratorium RBPP dan pemanis buatan HFCS 55 yang dikemas dengan botol standarisasi sesuai untuk makanan dan dijauhkan dari sinar matahari langsung.

2. Pemanasan Madu dan Pemanis Buatan

Sebelum madu dianalisis, madu harus dipanaskan terlebih dahulu untuk mencairkan bagian madu yang membeku. Dengan cara memasukkan 10 ml sampel madu ke dalam wadah kemudian dipanaskan menggunakan *water bath* jenis *Digiterm 200* (J.P. Selecta, Spain) dengan temperatur 60°C selama 30 menit supaya bagian madu yang mengalami kristalisasi menghilang (Frausto-Reyes dkk., 2017). Suhu 60°C merupakan suhu yang paling rendah dibandingkan suhu untuk melakukan pasteurisasi pada madu. Setelah dipanaskan sampel madu diletakkan pada suhu kamar sampai dingin. Tahap pemanasan madu dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemanasan madu

3. Pencampuran Madu dengan Pemanis Buatan (HFCS 55%)

Setelah madu yang dipanaskan telah dingin pada suhu kamar, madu tersebut dicampurkan dengan pemanis buatan. Rasio pencampuran antara madu dan HFCS 55 yaitu dengan rasio 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5 dan 4:6. Proses pencampuran madu dengan pemanis buatan dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Proses pencampuran madu dengan HFCS 55

4. Pengenceran Sampel

Madu yang sudah dipanaskan lalu diletakkan pada suhu kamar supaya dingin dan dicampur dengan pemanis buatan, selanjutnya sampel akan diencerkan atau dicairkan menggunakan air distilasi (*aquades*) dengan perbandingan keduanya 1:20 (ml:ml). Digunakannya perbandingan tersebut pada proses pengenceran ini didapat dari data penelitian terdahulu yang mendapatkan skor PCA tertinggi dan spektra terbaik. Proses pengenceran sampel dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengenceran madu dengan *aquades*

5. Pengadukan Sampel

Madu yang telah diencerkan, selanjutnya akan diaduk dengan *magnetic stirrer* (Ciblanc, TM, China) selama 10 menit guna menghomogenkan campuran bahan. Proses pengadukan sampel dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengadukan sampel menggunakan *magnetic stirrer*

6. Persiapan Sampel

Persiapan sampel diawali dengan diberikan label penomoran pada setiap sampel madu dengan kadar perbandingan yang digunakan. Sampel madu *Tetrigona apicalis* murni diberikan kode sampel MA, sedangkan sampel madu campuran dengan kadar campuran 10-60% diberikan kode sampel MC10, MC20, MC30, MC40, MC50 dan MC60 serta HFCS 55 diberikan kode sampel HFCS. Penomoran sampel dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Pemberian nomor sampel

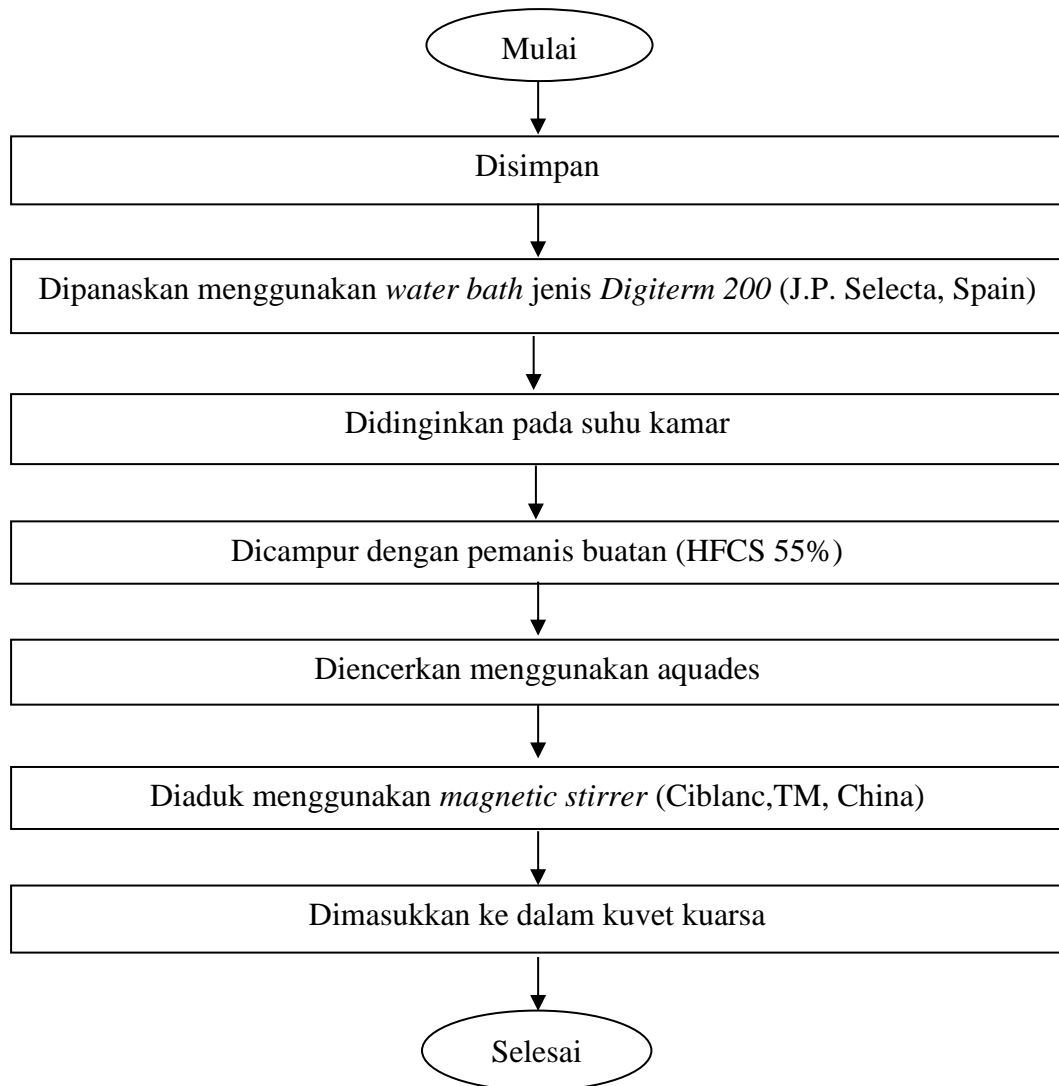
Nomor Sampel	Komposisi Bahan
1-20	10 ml Madu + 0 ml HFCS 55
21-40	9 ml Madu + 1 ml HFCS 55
41-60	8 ml Madu + 2 ml HFCS 55
61-80	7 ml Madu + 3 ml HFCS 55
81-100	6 ml Madu + 4 ml HFCS 55
101-120	5 ml Madu + 5 ml HFCS 55
121-140	4 ml Madu + 6 ml HFCS 55
141-160	High Fructose Corn Syrup 55

Sampel yang akan diambil data spektranya pada penelitian ini sebanyak 320 sampel dengan masing-masing 2 kali pengulangan. Bahan yang telah dicampur atau dihomogenkan selanjutnya diambil sebanyak 2 ml menggunakan pipet kemudian dimasukkan ke dalam kuvet kuarsa. Proses persiapan sampel dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Persiapan sampel

Sebelum dimasukkan ke dalam kuvet kuarsa, dipastikan bagian permukaan transparan pada kuvet kuarsa dalam keadaan bersih. Hal tersebut bertujuan supaya gelombang cahaya yang dipancarkan oleh alat UV-Vis spektroskopi dapat diteruskan secara optimal. Diagram alir persiapan bahan dapat dilihat pada Gambar 12.



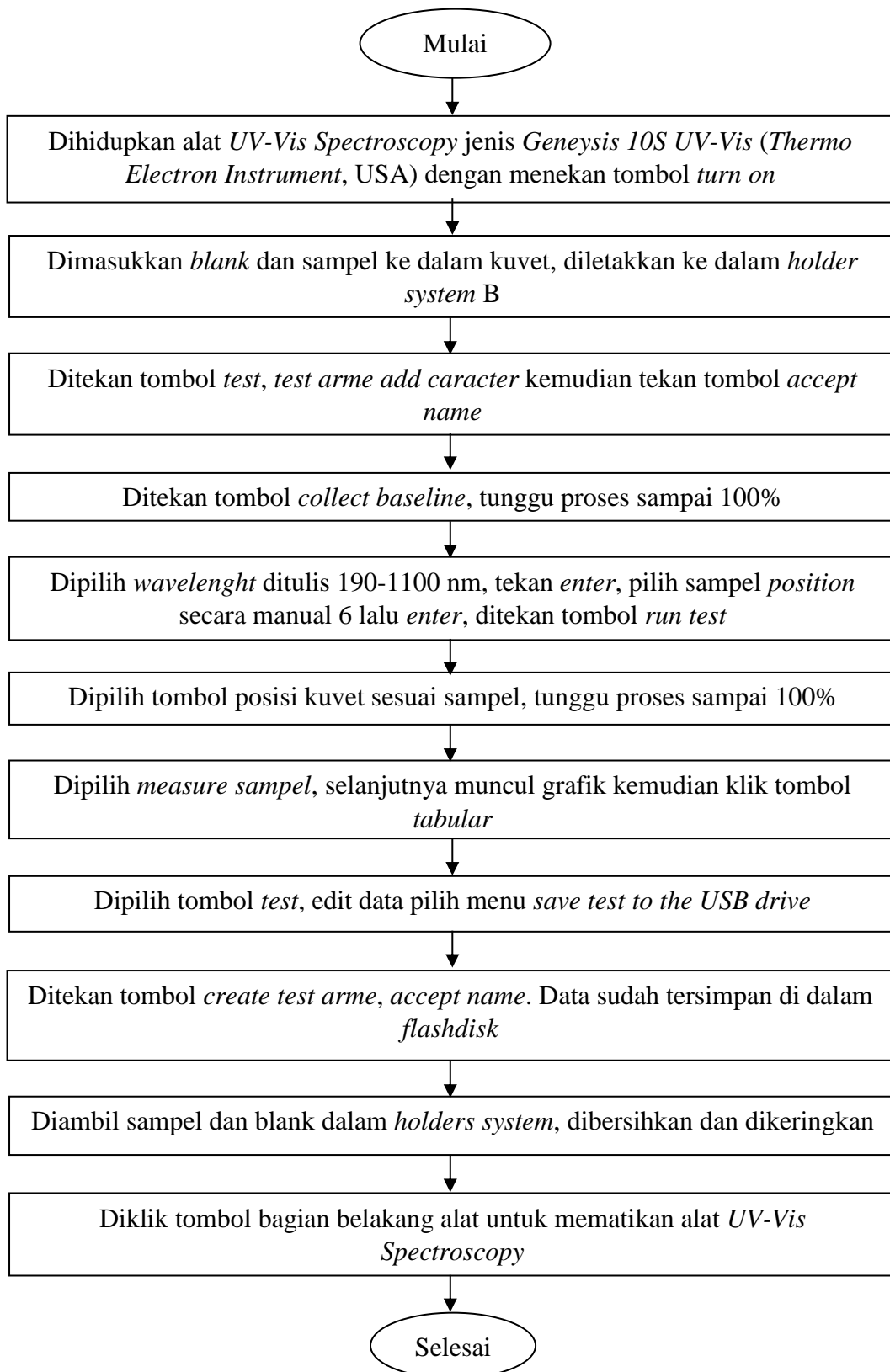
Gambar 12. Diagram alir persiapan bahan

3.4. Pengambilan Spektra Menggunakan Spektrometer

Kuvet kuarsa yang telah terisi dengan sampel, kemudian diukur nilai absorbannya dengan cara diletakkan ke dalam sistem holder dan tunggu hingga proses pengukuran selesai. Dapat dilihat proses pengambilan spektra menggunakan spektrometer pada Gambar 13. Serta diagram alir langkah pengambilan spektra dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13. Pengambilan spektra



Gambar 14. Diagram alir pengambilan spektra (Firmansyah, 2019)

3.5. Membuat dan Menguji Model

Selanjutnya dibuat dan diuji nilai absorbans yang telah didapat dengan perangkat lunak *The Unscrambler version 10.4* dengan menggunakan PCA dan SIMCA.

3.6. Analisis Data

The Unscrambler versi 10.4 adalah perangkat lunak yang digunakan guna analisis data untuk mendeteksi pola sampel. Model kalibrasi dikembangkan dengan metode PCA dan SIMCA. Nilai absorbansi yang diperoleh dari sampel, kemudian digabung menjadi satu menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* lalu dianalisis menggunakan aplikasi *The Unscrambler version 10.4*. Sampel selanjutnya dibagi 3 set sampel yaitu sampel kalibrasi, sampel validasi, dan sampel prediksi. Sampel kalibrasi berguna untuk membuat model SIMCA, pengujian model yang sudah dibuat dari sampel kalibrasi diuji dengan sampel validasi serta sampel prediksi digunakan dalam melakukan uji model terhadap model yang telah dibuat dari sampel kalibrasi dan validasi. Hasil klasifikasi yang telah didapat dari pengujian model tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan *confusion matrix* (matriks konfusi).

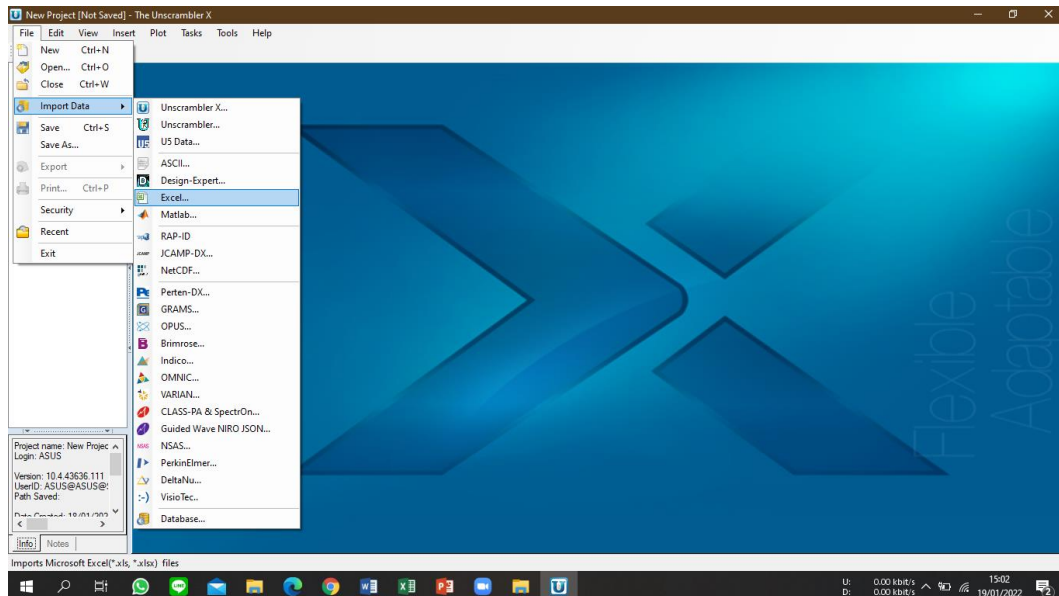
3.7. *Principal Component Analysis (PCA)*

Sampel madu *Tetrigona apicalis* asli, madu *Tetrigona apicalis* campuran dengan kadar 10-60% dan HFCS 55% adalah data yang didapat dari UV-Vis spektroskopi yang selanjutnya diambil data absorbansinya. Seluruh data absorbansi yang diperoleh selanjutnya digabung menjadi satu dalam satu file menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. Proses penggabungan data tersebut dapat dilihat pada Gambar 15.

The image shows a Microsoft Excel spreadsheet with a grid of data. The columns are labeled MA1A through MA36A, and the rows are numbered 1 through 34. The data consists of numerical values for each cell in the grid. The spreadsheet interface includes the ribbon with tabs for FILE, HOME, INSERT, PAGE LAYOUT, FORMULAS, DATA, REVIEW, and VIEW. The status bar at the bottom indicates the file name 'FIR.MADU-CAMPURAN-HFCS - Excel' and the current time '14:40' on '15/04/2022'.

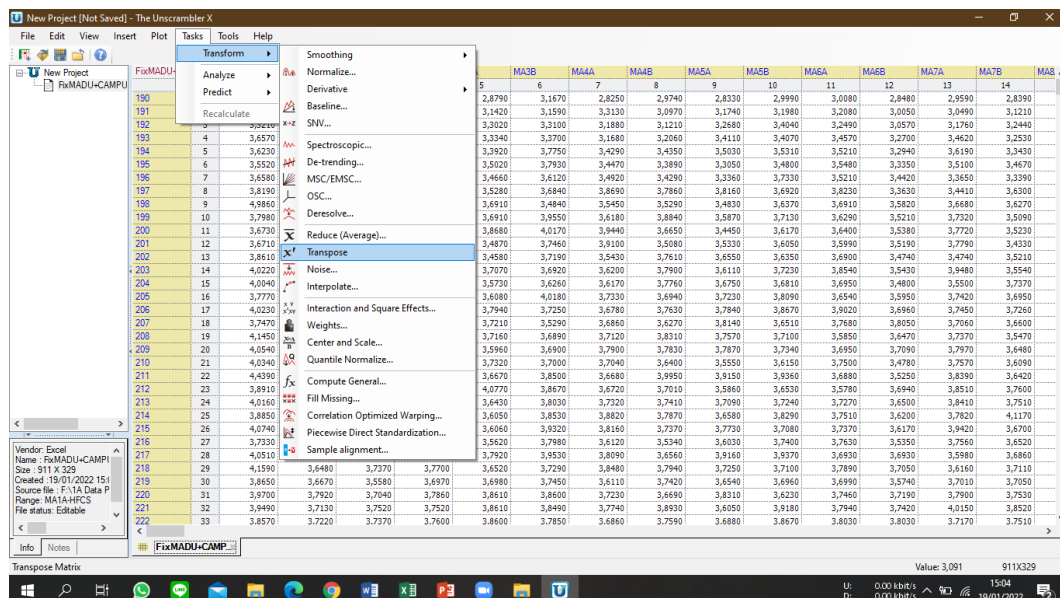
Gambar 15. Penggabungan data pada *Microsoft Excel*

Selanjutnya analisis dilakukan dengan aplikasi *The Unscrambler version 10.4*. Terlebih dahulu dibuka aplikasi *The Unscrambler version 10.4*. Setelah aplikasi terbuka, klik menu *File*, pilih *Import Data* kemudian pilih format data *Excel* sesuai dengan data absorbans yang telah digabung menjadi satu menggunakan *Microsoft Excel*. Langkah *Import Data* dapat dilihat pada Gambar 16.



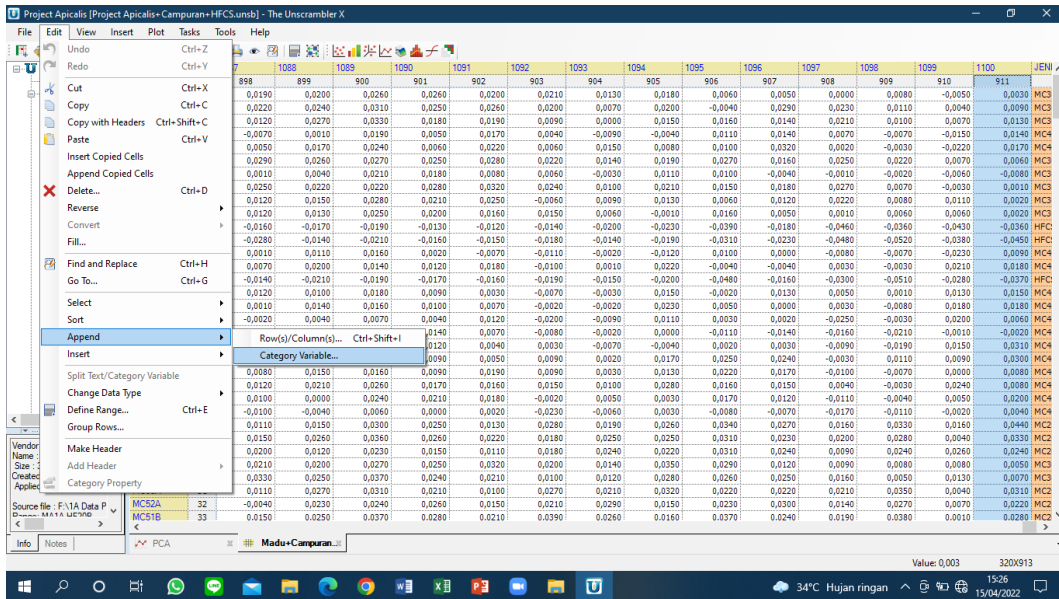
Gambar 16. Langkah *Import* data

Data yang tertampil pada jendela *The Unscrambler version 10.4*, selanjutnya dilakukan proses *Transpose* dengan memilih menu *Tasks*, kemudian *Transform* lalu pilih *Transpose*. Langkah *Transpose* data di aplikasi *The Unscrambler version 10.4*. dapat dilihat pada Gambar 17.

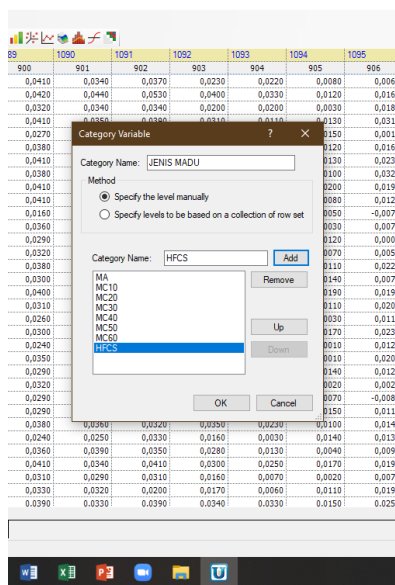


Gambar 17. Langkah *Transpose* data di aplikasi *The Unscrambler version 10.4*.

Sebelum mencari nilai PCA pada *The Unscrambler version 10.4*, perlu dilakukan beberapa tahap yaitu dengan klik menu *Edit*, lalu pilih *Append* dan pilih *Category Variable*. Selanjutnya setelah menu *Category Variable* muncul, terdapat kolom *Category Name* bagian atas dan isi kolom tersebut dengan “JENIS MADU”. Selanjutnya pada *Category Name* bagian bawah, pilih *Add* dan isi *Level Name* dengan kode sampel Madu *Tetrigona apicalis* Asli (MA), Madu *Tetrigona apicalis* Campuran (MC10–MC60) dan HFCS 55 (HFCS). Setelah semua kode sampel tercatat, pilih *Ok*. Proses membuat *category variable* dapat dilihat pada Gambar 18. Proses pengisian *level name* dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 18. Proses membuat *Category Variable*



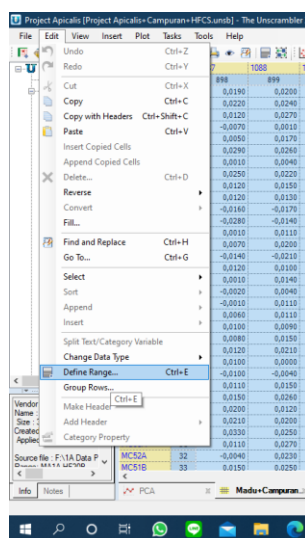
Gambar 19. Proses pengisian *Level Name*

Selanjutnya pada jendela *The Unscrambler* versi 10.4 klik kolom JENIS MADU pada kolom nomor 912 dan isi sesuai nama jenis madu pada setiap barisnya. Lalu setiap sampel data dikelompokkan sesuai kategori sampel dan variabel sebelum data dianalisis dengan metode PCA. Proses pengisian jenis madu dapat dilihat pada Gambar 20.

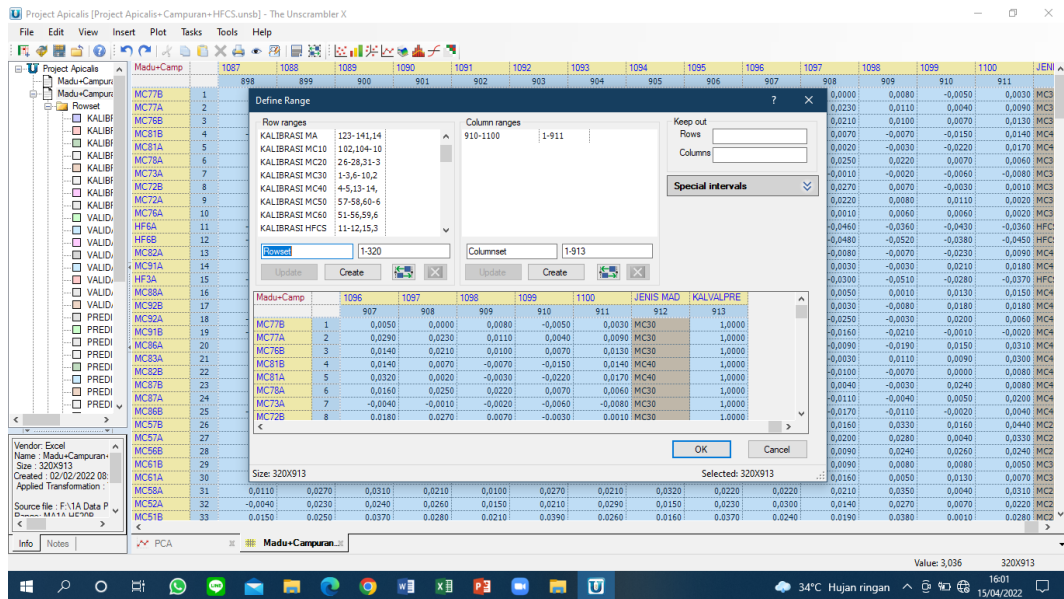
1086	1087	1088	1089	1100	JENIS MAD
907	908	909	910	911	912
0,0340	0,0180	0,0180	0,0060	0,0290	MA
0,0290	0,0250	0,0200	0,0150	0,0060	MA
0,0180	0,0010	0,0110	-0,0010	0,0080	MA
0,0280	0,0250	0,0120	0,0160	0,0260	MA
-0,0050	0,0020	-0,0040	-0,0180	-0,0150	MA
0,0160	0,0020	0,0090	0,0100	0,0040	MA
0,0290	0,0190	0,0190	0,0140	0,0120	MA
0,0320	0,0130	0,0260	0,0200	0,0220	MA
0,0320	-0,0030	0,0240	0,0170	0,0180	MA
0,0010	0,0110	0,0110	0,0150	0,0390	MA
-0,0060	-0,0040	-0,0050	-0,0220	0,0030	MA
0,0160	0,0000	0,0040	0,0060	0,0120	MA
0,0090	0,0080	-0,0020	-0,0060	0,0110	MA
0,0100	0,0110	0,0170	0,0020	0,0040	MA
0,0270	0,0170	0,0180	0,0120	0,0240	MA
0,0210	0,0070	0,0110	0,0060	0,0170	MA
0,0250	0,0160	0,0220	0,0210	0,0140	MA
0,0180	0,0150	0,0080	0,0010	0,0160	MA
0,0170	-0,0040	0,0000	-0,0040	0,0040	MC10
0,0280	0,0280	0,0170	0,0190	0,0290	MC20
0,0290	0,0180	0,0030	-0,0030	-0,0020	MC30
0,0190	0,0180	0,0210	0,0130	0,0210	MC50
0,0260	0,0060	0,0190	-0,0040	0,0150	MA
0,0140	0,0080	0,0070	0,0080	0,0090	MA
-0,0090	-0,0070	-0,0120	0,0020	0,0160	MA
0,0130	-0,0100	-0,0120	0,0160	0,0080	MA
0,0240	0,0190	0,0060	0,0010	0,0180	MA
0,0180	0,0050	-0,0060	0,0000	0,0120	MA
0,0190	0,0090	0,0000	-0,0020	0,0260	MA
0,0220	0,0080	0,0130	0,0080	0,0200	MA
0,0130	-0,0020	0,0070	-0,0010	0,0080	MA
0,0330	0,0140	0,0190	0,0050	0,0070	MA
0,0070	-0,0020	0,0150	0,0040	0,0040	MA

Gambar 20. Pengisian jenis madu sesuai kelompoknya

Setelah data selesai diklasifikasikan sesuai jenis madunya, kemudian dikelompokkan dengan pilih menu *Edit* lalu pilih *Define Range* selanjutnya ditambahkan kolom *Rowset* dan diisi dengan nama KALVALPRED (Kalibrasi, Validasi dan Prediksi). Label angka yang diberikan pada sampel kalibrasi adalah 1, validasi adalah 2 dan prediksi adalah 3. Pada kolom *Coloumnset* sesuai *wavelength* yang digunakan pada penelitian ini, yaitu 190-1100 nm. Pada Gambar 21 dan Gambar 22 menampilkan proses *Define Range* dan menentukan KALVALPRED.

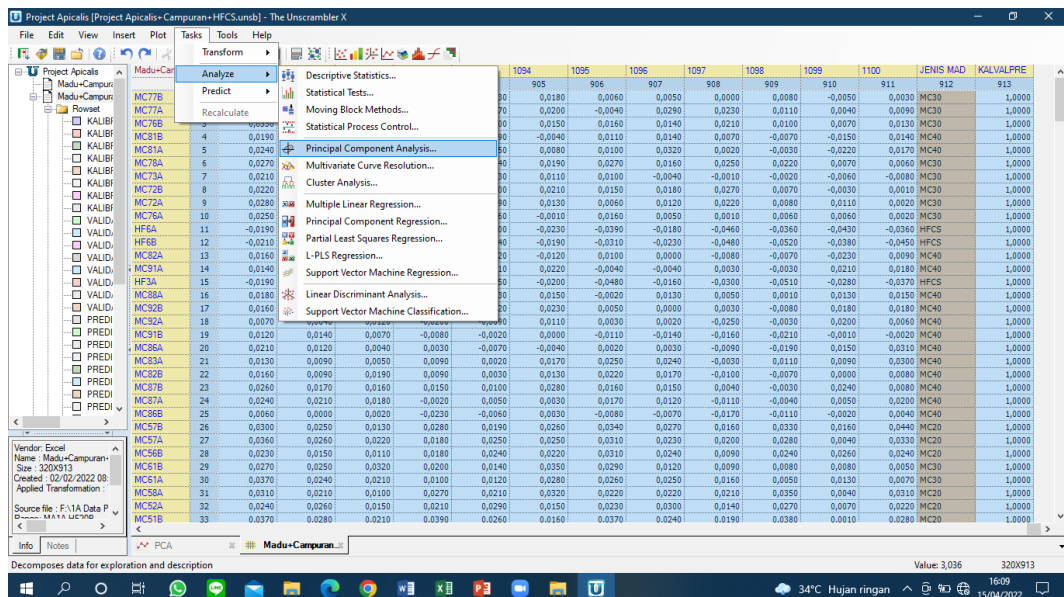


Gambar 21. Proses *Define Range*



Gambar 22. Menentukan KALVALPRED

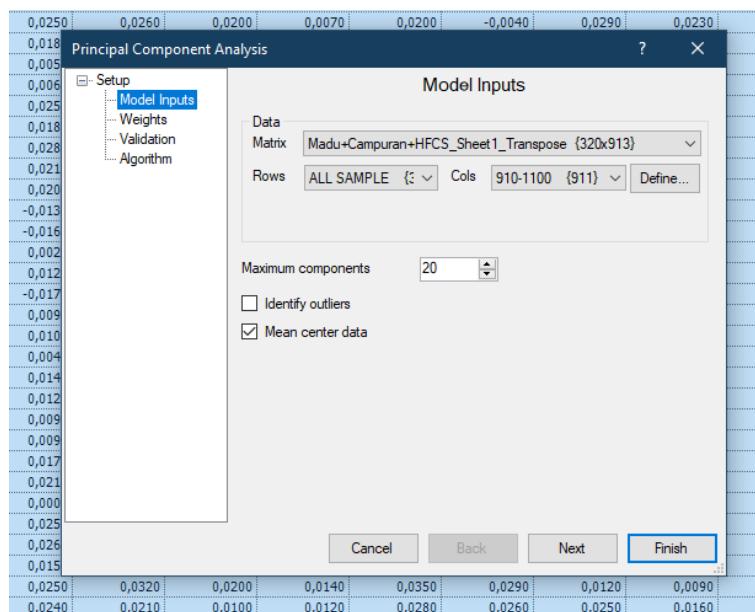
Kemudian dianalisis sampel tersebut dengan metode PCA (*principal component analysis*). Pilih menu *Tasks*, lalu *Analyze* dan pilih *Principal Component Analysis*. Proses analisis PCA dapat dilihat pada Gambar 23.



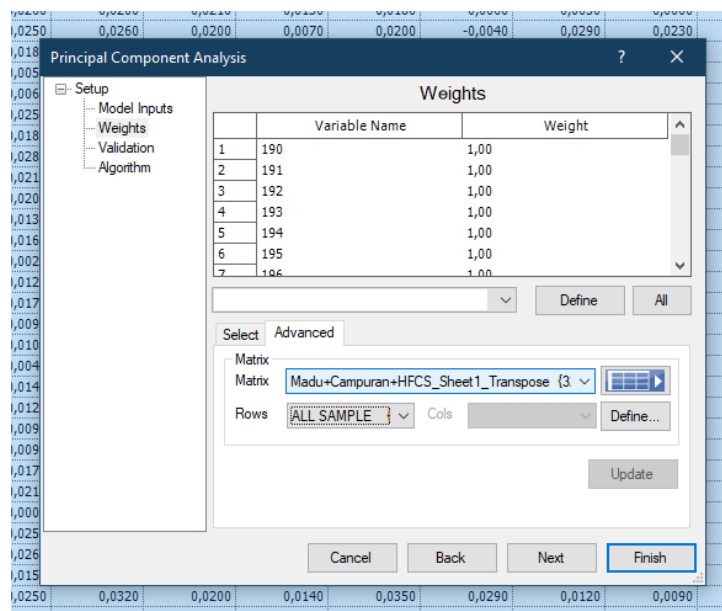
Gambar 23. Proses analisis PCA

Kemudian muncul layar menu utama *Setup* dengan submenu *Model Input*. Pada submenu *Model Input*, pilih *Rows* dengan menggunakan ALL SAMPLE dan *Cols* menggunakan 910-1100 {911}. Kemudian pada submenu *Weights*, pilih menu

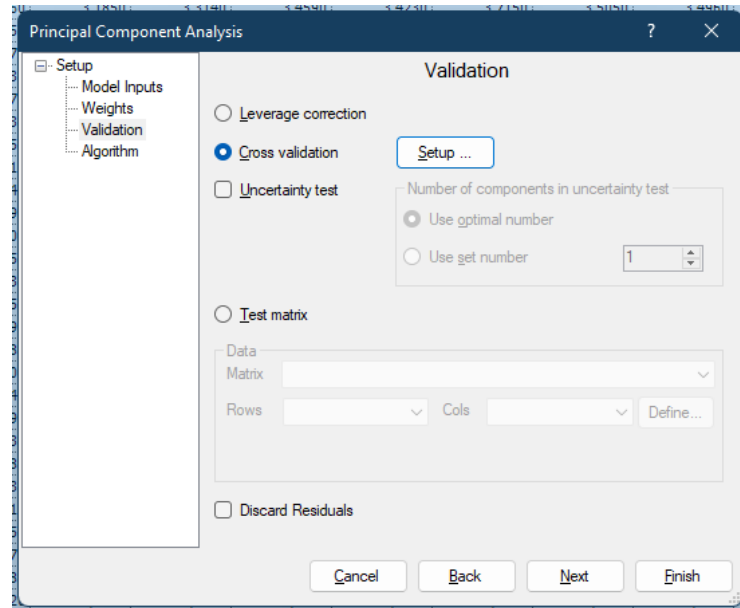
Advance lalu Rows menggunakan ALL SAMPLE. Pada submenu *Validation*, pilih *Cross Validation* lalu pada *Setup* pilih *Cross validation method* : *Random*. Selanjutnya pada submenu *Algorithm* pilih NIPALS. Proses PCA ini dapat dilihat pada Gambar 24, 25, 26 dan 27.



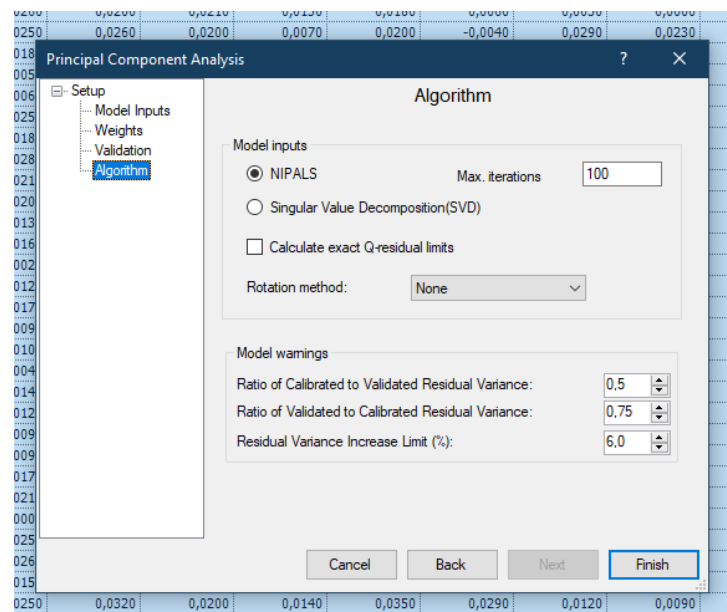
Gambar 24. Model Input



Gambar 25. Weights

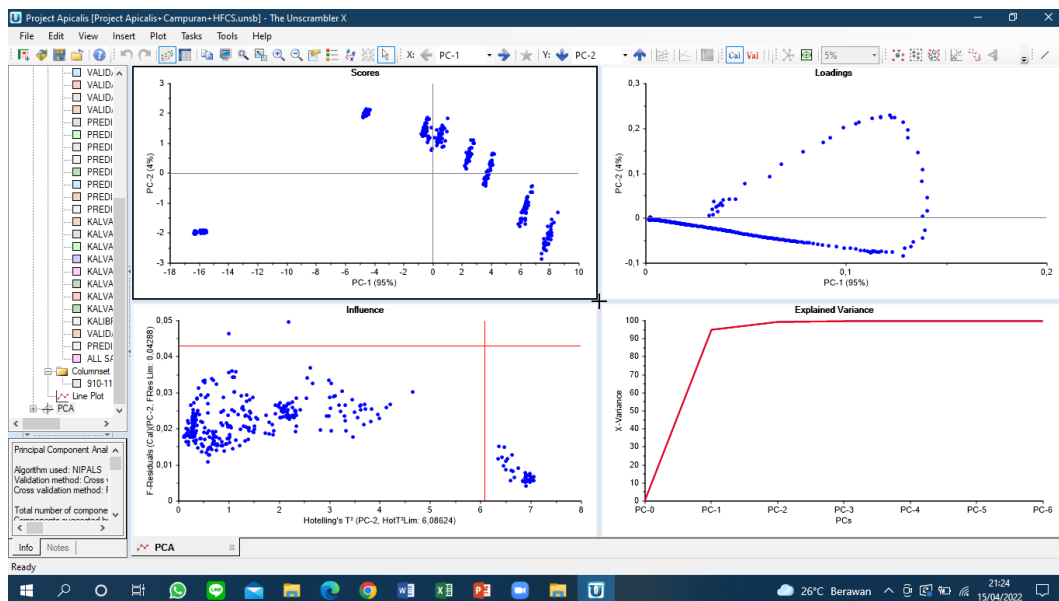


Gambar 26. Validation



Gambar 27. Algorithm

Keluaran dari analisis menggunakan PCA berupa *plot Scores*, *Loadings*, *Influences*, dan *Explained Variance*. Hasil PCA tersebut dapat dilihat pada Gambar 28.



Gambar 28. Hasil *Plot* analisis PCA

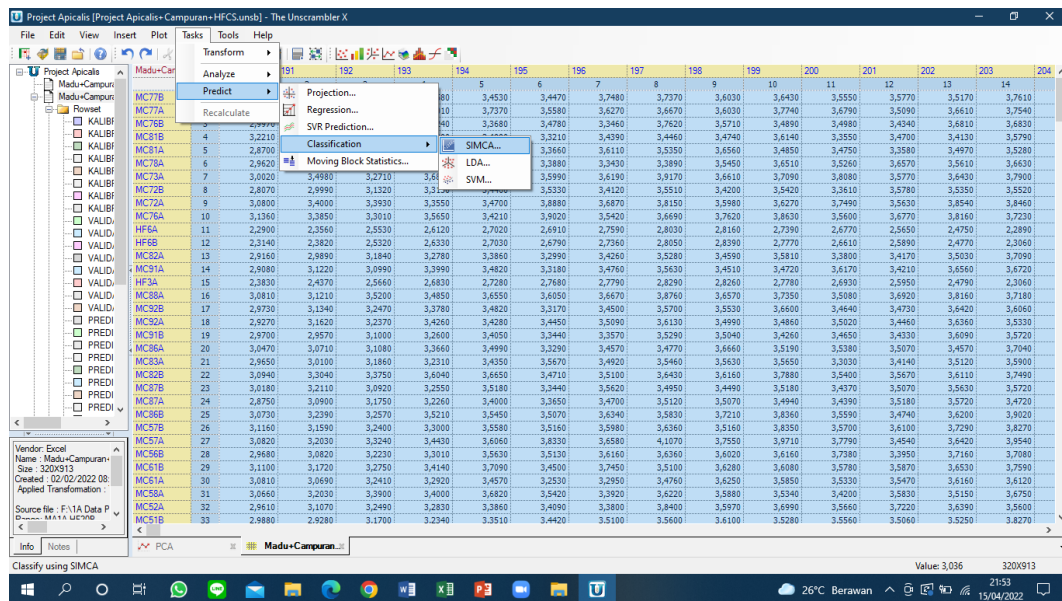
3.8. Membangun Model Klasifikasi Menggunakan Analisis *Soft Independent Modelling of Class Analogy* (SIMCA)

Setelah diperolehnya hasil diskriminasi PCA, tahap selanjutnya adalah membangun model SIMCA (*soft independent modelling of class analogy*). SIMCA ialah teknik analisis multivariat terawasi guna menguji kekuatan diskriminasi dan klasifikasi sampel. Fungsi lainnya yaitu untuk menentukan sampel dengan tepat sesuai kelas yang tersedia. Dasar dari metode klasifikasi ini adalah pembuatan model PCA pada tiap kelas dan tiap sampel diklasifikasi sesuai dengan model PCA yang dibuat. Output yang diperoleh berbentuk tabel klasifikasi, dengan setiap sampel diklasifikasikan ke dalam satu (sesuai kelasnya), beberapa (2 atau lebih) kelas, ataupun tidak terklasifikasikan ke dalam kelas manapun.

Dalam membuat model SIMCA, sampel madu terbagi menjadi 3 bagian sampel. 3 bagian sampel tersebut berguna untuk kalibrasi, validasi dan prediksi. Tiap sampel berjumlah berbeda, yaitu kalibrasi berjumlah 140, validasi berjumlah 84, dan prediksi berjumlah 56. Membuat model SIMCA menggunakan sampel kalibrasi, sampel validasi berguna untuk mengecek kembali model yang telah dibuat dan

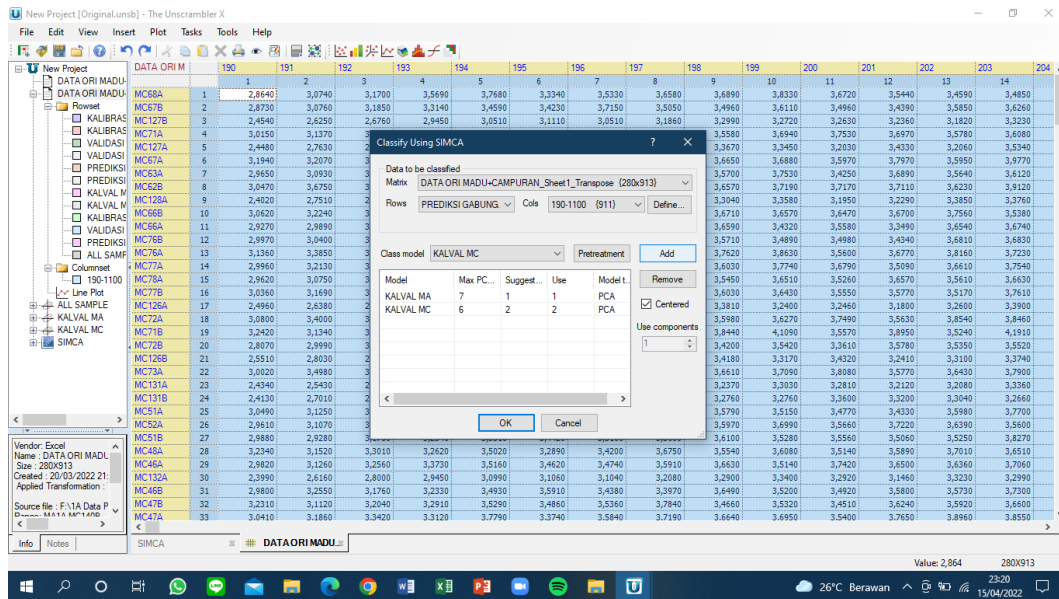
sampel prediksi digunakan untuk menguji model yang telah dibuat dari dua sampel sebelumnya (kalibrasi dan validasi).

Dalam proses membangun model SIMCA, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan cara pilih data gabungan yang sudah di *Transpose*. Kemudian pilih menu *Task* pilih *Predict* lalu pilih *Classification* dan pilih SIMCA. Proses membangun model SIMCA dapat dilihat pada Gambar 29.



Gambar 29. Proses membangun model SIMCA

Selanjutnya ketika menu SIMCA telah dipilih akan muncul jendela *Classify Using SIMCA*. Pada jendela ini isi *Rows* dengan PREDIKSI GABUNGAN {56} dan *Cols* dengan 190-1100 {911}. Selanjutnya ditambahkan model dengan cara pilih menu *Class model*, pilih KALVAL MA dan KALVAL MC dan pilih menu *Add* secara bergantian. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 30.



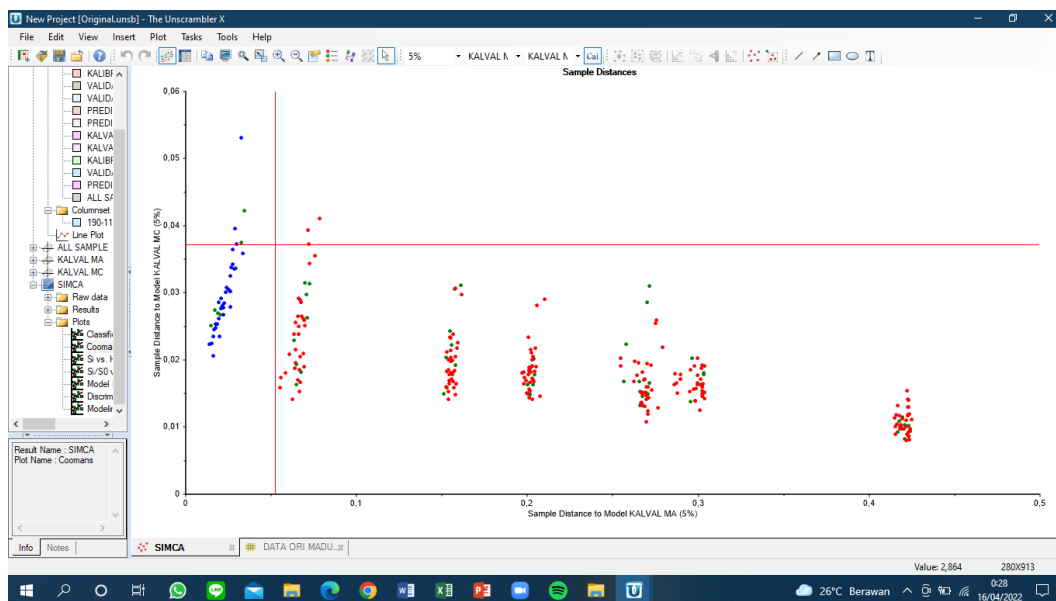
Gambar 30. *Classify Using SIMCA*

Tahapan atau proses ini dilakukan karena SIMCA dapat menetapkan sampel pada suatu kelas yang sudah tersedia. Pengelompokan ini dibangun dengan pembuatan model PCA setiap kelas yang telah dibuat. Seperti pada penelitian ini telah dibuat model PCA KALVAL MA dan KALVAL MC. Hasil yang diberikan setelah proses ini berupa tabel pengelompokan, sampel masuk sesuai dengan kelasnya, beberapa kelas atau tidak masuk pada kelas manapun dan dapat dilihat pada Gambar 31.

Sample - Class	KALVAL M	KALVAL H
MC135B	*	*
MC135A	*	*
MC140B	*	*
MC130B	*	*
MC140A	*	*
MC130A	*	*
MC125A	*	*
MC120B	*	*
MC120A	*	*
MC125B	*	*
MC40B	*	*
MC45A	*	*
MC40A	*	*
MC35A	*	*
MC35B	*	*
MC45B	*	*
MC55B	*	*
MC60A	*	*
MC65A	*	*
MC50A	*	*
MC50B	*	*
MC30B	*	*
MA10B	*	*
MA15A	*	*
MA10A	*	*
MA5A	*	*
MA5B	*	*
MA15B	*	*
MC25B	*	*
MC30A	*	*
MC25A	*	*
MA20A	*	*
MA20B	*	*
MC100A	*	*

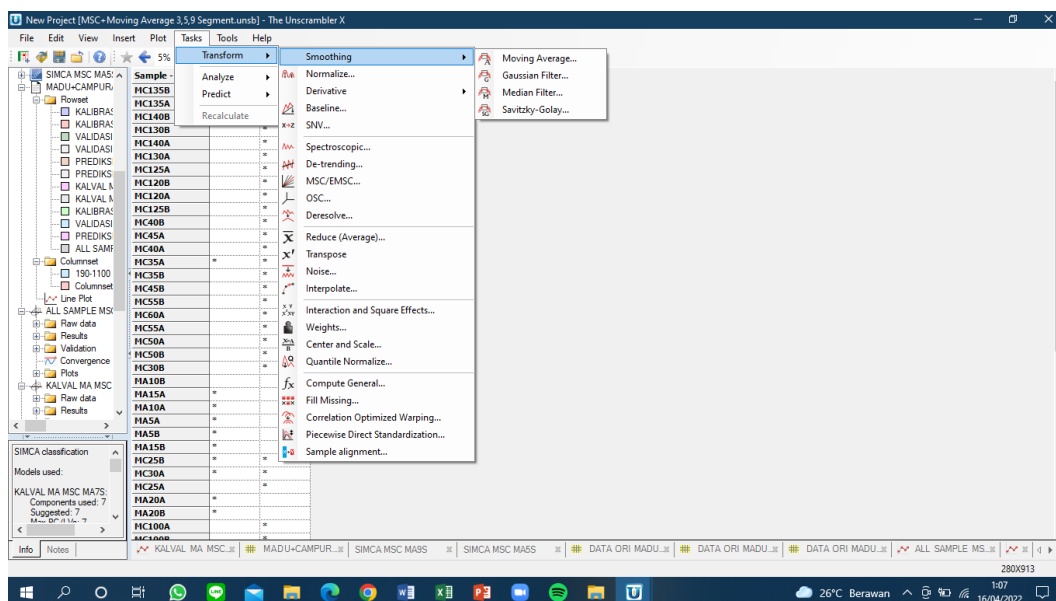
Gambar 31. Tabel pengelompokan hasil proses SIMCA

Terlihat pada Gambar 31, bahwa pada tabel pengelompokan hasil metode SIMCA sampel yang masuk ke dalam kelasnya akan ditandai dengan tanda bintang (*). Didapatkan dengan aplikasi *The Unscrambler 10.4*. beberapa level signifikansi yang ditampilkan yaitu 25% ; 10% ; 5% ; 1% ; 0,5% ; 0,1% tetapi level signifikansi yang didapat sebesar 10%. Selain tabel pengelompokan, hasil metode SIMCA juga menampilkan *plot Coomans* yang dapat dilihat pada Gambar 32.



Gambar 32. *Plot Coomans*

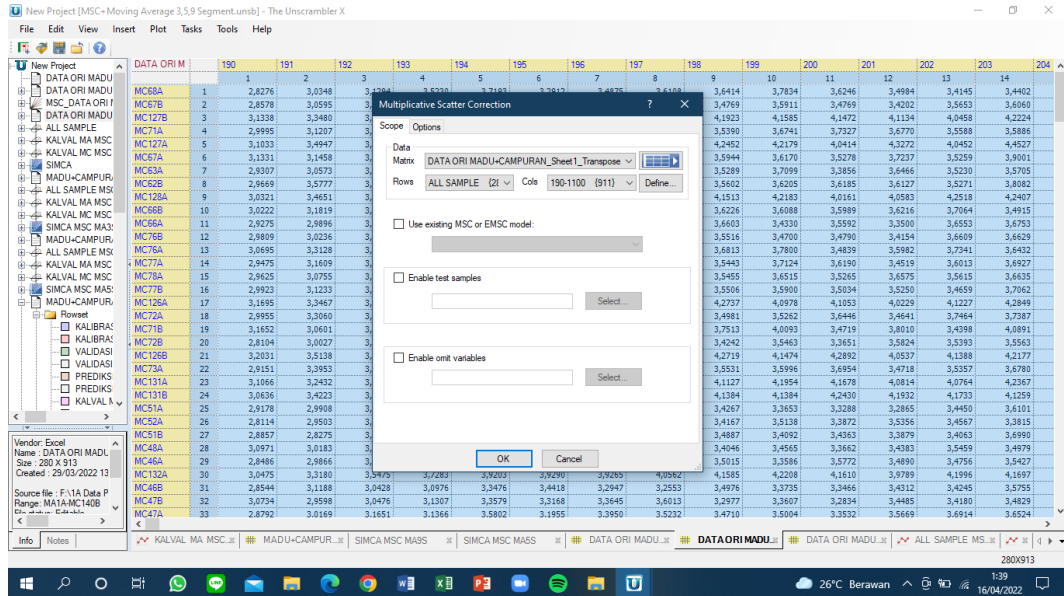
Telah didapatkan hasil metode PCA dan SIMCA menggunakan data *original* yang menunjukkan pengelompokan sampel telah sesuai. Tetapi hasil dari data *original* belum cukup baik, dikarenakan masih terdapat beberapa sampel yang masuk kedua kelas atau tidak sesuai dengan kelasnya. Oleh karena itu, diperlukan proses *pretreatment* supaya dapat menghasilkan data yang lebih baik dibandingkan dengan data *original*. Terdapat 4 *pretreatment* yang dapat dibuat pada aplikasi *The Unscrambler 10.4*. ini yaitu, *Smoothing Moving Average*, *MSC/EMSC*, *SNV*, dan *Normalize*. Proses *pretreatment* dilakukan dengan cara memilih menu *Task*, kemudian pilih *Transform* dan pilih diantara 4 *pretreatment* yang telah disebutkan sebelumnya. Proses *pretreatment* ini dapat dilihat pada Gambar 33.



Gambar 33. Proses *Pretreatment*

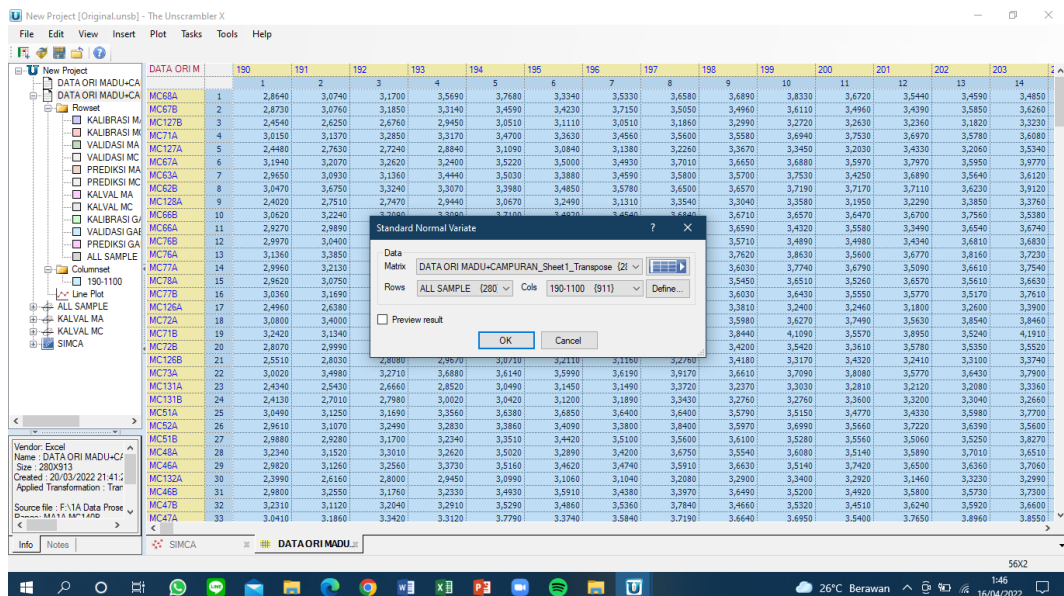
Dalam melakukan *pretreatment*, data yang digunakan adalah data *original* yang telah di *transpose*. Selanjutnya dihitung metode PCA dan SIMCA dari *original pretreatment* MSC/EMSC, SNV dan *Normalize*. Kemudian akan dilakukannya kombinasi menggunakan *Smoothing Moving Average* dengan *Parameters Segment Size* bilangan ganji di mulai dari angka 3,5,7,9.

Transformasi data menggunakan *pretreatment* MSC/EMSC (*Multiplicative Scatter Correction*) selanjutnya muncul jendela berisikan beberapa menu. Menu *Scope* lalu terdapat *Rows* yang dipilih “ALL SAMPLE” dan *Cols* dipilih “190-1100 {911}”. Selanjutnya pilih OK dibagian bawah jendela MSC. MSC (*Multiplicative Scatter Correction*) merupakan *pretreatment* data spektra dengan fungsinya untuk menurunkan efek aditif dan multiplikatif yang berasal dari hamburan cahaya. MSC memiliki cara kerja berupa memisahkan efek dari hamburan cahaya dengan absorbans cahaya kimia. Proses *pretreatment* MSC/EMSC dapat dilihat pada Gambar 34.



Gambar 34. Proses Pretreatment MSC/EMSC

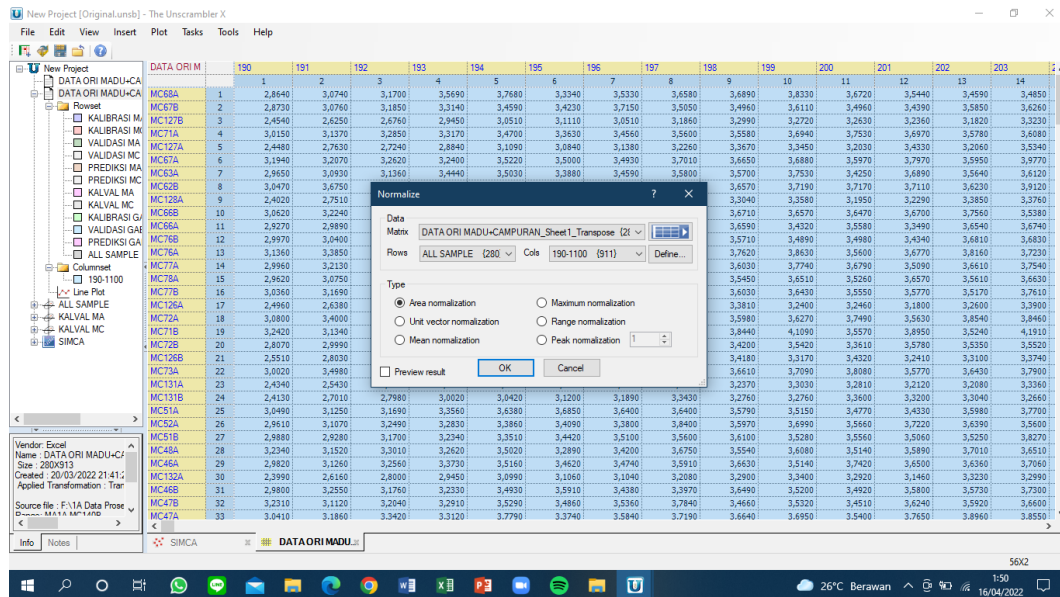
Transformasi data menggunakan *pretreatment* SNV (*Standard Normal Variate*) selanjutnya muncul jendela yang berisikan *Rows* yang dipilih “ALL SAMPLE” dan *Cols* dipilih “190-1100 {911}”. Selanjutnya pilih OK dibagian bawah jendela SNV. Proses *pretreatment* SNV dapat dilihat pada Gambar 35.



Gambar 35. Proses Pretreatment SNV

Transformasi data menggunakan *pretreatment* Normalize selanjutnya muncul jendela yang berisikan *Rows* yang dipilih “ALL SAMPLE” dan *Cols* dipilih “190-1100 {911}”. Lalu pada menu *Type* pilih *Area normalization*. Selanjutnya pilih

OK dibagian bawah jendela *Normalize*. Proses *pretreatment Normalize* dapat dilihat pada Gambar 36.



Gambar 36. Proses *Pretreatment Normalize*

Transformasi data menggunakan *pretreatment Smoothing Moving Average*, selanjutnya muncul jendela yang berisikan *Rows* yang dipilih “ALL SAMPLE” dan *Cols* dipilih “190-1100 {911}”. Lalu pada menu *Parameters* terdapat *Segments size* yang dapat dipilih dengan bilangan ganjil di mulai dari angka 3,5,7,9. Selanjutnya pilih OK dibagian bawah jendela *Smoothing Moving Average*. Adapun *moving average* (rata-rata bergerak) merupakan metode prediksi dengan cara kerja sekelompok nilai pengamatan diambil, serta dapat menentukan nilai rata-rata sebagai prediksi pada periode yang akan datang (Subagyo, 2008). Proses *pretreatment Smoothing Moving Average* dapat dilihat pada Gambar 37.

The screenshot displays the SIMCA software interface. A data matrix is visible with columns labeled 190 through 203 and rows labeled with sample IDs such as MC68A, MC67B, MC127B, etc. A dialog box titled "Moving Average Smoothing" is open in the center, showing the following details:

- Data:** DATA ORI MADU-CAMPURAN_Sheet1_Transpose (2x)
- Matrix:** DATA ORI MADU-CAMPURAN_Sheet1_Transpose (2x)
- Rows:** ALL SAMPLE (280)
- Cols:** 190-1100 (911)
- Parameters:** Segment size for averaging: 3
- Preview result:**

The background data table shows numerical values for each sample across the columns. The SIMCA logo and "DATA ORI MADU" are visible at the bottom of the window.

Gambar 37. Proses Pretreatment Smoothing Moving Average

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Spektra antara madu *Tetrigona apicalis* murni (MA) dan madu *Tetrigona apicalis* campuran (MC) berbeda berdasarkan nilai absorbans yang dihasilkan. Apabila kandungan HFCS 55 terhadap madu *Tetrigona apicalis* murni semakin tinggi, maka akan semakin rendah nilai absorbans yang diperoleh.
2. Model klasifikasi PCA yang telah dibangun menggunakan data spektra *original* sampel MA dan MC menampilkan pola sampel pada *plot score* yang terpisah dengan nilai PC-1 sebesar 96% dan PC-2 sebesar 2%, sehingga mampu menjelaskan varian data secara kumulatif 98%. Sedangkan hasil klasifikasi PCA menggunakan data spektra *MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* sampel MA dan MC menampilkan pola sampel pada *plot score* yang terpisah dan berkumpul dengan baik sesuai kelasnya dengan nilai PC-1 sebesar 98% dan PC-2 sebesar 1%, sehingga mampu menjelaskan varian data secara kumulatif sebesar 99%.
3. Hasil *X-loading* mengindikasikan puncak gelombang pada 290 nm dan 330 nm yang mengkarakterisasi sampel MA dan MC. Diduga pada panjang gelombang tersebut terdapat senyawa *flavonoid* dan *fenolik*. Hal tersebut sesuai dengan fakta bahwa terdapat senyawa *flavonoid* dan *fenolik* yang bertanggung jawab atas aktivitas antioksidan di dalam madu.
4. Performansi model SIMCA dalam mengklasifikasi sampel yang dievaluasi menggunakan matriks konfusi pada data *original* memiliki nilai akurasi,

sensitivitas, spesifisitas dan eror secara berurutan yaitu, 96,42%; 96%; 100%; dan 3,58% serta memiliki model klasifikasi terbaik yang tergolong klasifikasi sangat memuaskan atau *excellent classification* pada level signifikansi 5%, 10% dan 25%. Sedangkan dengan data hasil *pretreatment MSC + Smoothing Moving Average 9 Segment* mendapatkan nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas dan eror secara berurutan yaitu 100%; 100%; 100%; dan 0% serta memiliki model klasifikasi data *pretreatment* yang tergolong klasifikasi sangat memuaskan atau *excellent classification* pada level signifikansi 0,1%, 0,5%, 1%, 5%, 10% dan 25%.

5. Hasil penelitian ini dapat membuktikan bahwa dengan menggunakan metode analisis spektroskopi UV-Vis dan metode SIMCA dapat mengidentifikasi pemalsuan terhadap madu lebah *Tetrigona apicalis* nektar *Agathis dammara* yang dicampur dengan HFCS 55.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan melakukan penelitian lebih lanjut terhadap madu premium di berbagai wilayah di Indonesia terutama yang berasal dari lebah tidak bersengat (*stingless bee*) atau jenis bahan campuran lainnya yang berpotensi menjadi bahan dasar pencampuran madu serta digunakan metode klasifikasi lainnya seperti LDA dan PLS-DA.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Qur'an surat. An-nahl ayat 68-69.
- Al Zulfa, M. H. 2019. *Studi Diskriminasi Teh Hijau dan Teh Hitam di PT. Pagilaran Batang Menggunakan Uji Sensori dan Metode UV-Vis Spectroscopy*. Univesitas Lampung.
- Amanto, B. S., Parnanto, N. H. R., & Basito, B. 2013. KAJIAN KARAKTERISTIK ALAT PENGURANGAN KADAR AIR MADU DENGAN SISTEM VAKUM YANG BERKONDENSOR. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 5(1), 8–16.
<https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13532>
- Andriyani, M. 2019. *Penggunaan UV-Vis Spectroscopy dan Metode SIMCA untuk Diskriminasi Tiga Kopi Robusta Lampung Berdasarkan Jenis Pupuk*. Univesitas Lampung.
- Anggriyani, V. 2019. Deteksi Adulterasi Madu Menggunakan Spektrofotometri near Infrared (Nir) Dan Kemometri. *Skripsi Universitas Jember*.
<http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/92028>
- Apratiwi, N., Sugianti, C., Suhandy, D., Telaumbanua, M., Waluyo, S., & Yulia, M. 2017. STUDI PENGGUNAAN UV-VIS SPECTROSCOPY UNTUK IDENTIFIKASI CAMPURAN KOPI LUWAK DENGAN KOPI ARABIKA. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 5(3), Article 3. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v5i3.%p>
- Bogdanov, S. 1997. Nature and Origin of the Antibacterial Substances in Honey. *LWT - Food Science and Technology*, 30(7), 748–753.
<https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0259>
- Brackett, R. 2008. High-Fructose Corn Syrup A Guide for Consumers, Policymakers and The Media. Dalam *High-Fructose Corn Syrup A Guide for Consumers, Policymakers and The Media*. GMA.
<https://fdocuments.net/document/high-fructose-corn-syrup-manufacturers-association-science-policy-paper-high-fructose.html>

- Bradbear, N. 2009. Bees and their role in forest livelihoods: A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products. *Non-Wood Forest Products, No.19*. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093225520>
- 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. <https://doi.org/10.1021/jf0604384>
- Chan, C. C., Lam, H., Lee, Y. C., & Zhang, X.-M. 2004. *Analytical Method Validation and Instrument Performance Verification*. John Wiley & Sons.
- Citrasari, D. 2015. PENENTUAN ADULTERASI DAGING BABI PADA NUGGET AYAM MENGGUNAKAN NIR DAN KEMOMETRIK. Skripsi. *Fakultas Farmasi Universitas Jember*. <http://repository.unej.ac.id/xmlui/handle/123456789/71097>
- Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196(4), 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- Djajasaputra, M. R. S. 2010. *POTENSI BUDIDAYA LEBAH Trigona DAN PEMANFAATAN PROPOLIS SEBAGAI ANTIBIOTIK ALAMI UNTUK SAPI PO*. Institut Pertanian Bogor. <https://adoc.pub/potensi-budidaya-lebah-trigona-dan-pemanfaatan-propolis-seba.html>
- Edinburgh Instruments. 2022. *Beer Lambert Law | Transmittance & Absorbance*. Edinburgh Instruments. <https://www.edinst.com/blog/the-beer-lambert-law/>
- Faisal, M. R., & Nugrahadi, D. 2019. *Belajar Data Science: Klasifikasi dengan Bahasa Pemrograman R*. Scripta Cendekia.
- Fatoni, A. 2008. *Pengaruh Propolis Trigona spp. Asal Bukittinggi terhadap Beberapa Bakteri Usus Halus Sapi dan Penelusuran Komponen Aktifnya*. (Tesis). Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/8149>
- Firmansyah, R. 2019. *PENGGUNAAN UV-VIS SPECTROSCOPY DAN METODE SIMCA UNTUK IDENTIFIKASI MADU LEBAH HUTAN (Apis dorsata) BERDASARKAN SUMBER NEKTAR*. Univesitas Lampung.
- Frausto-Reyes, C., Casillas-Peñuelas, R., Quintanar-Stephano, J. L., Macías-López, 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. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.02.009>

- Free, J. B. 1982. *Bees and Mankind*. George Allen & Unwin.
- Galindo-Prieto, B. 2017. *Novel variable influence on projection (VIP) methods in OPLS, O2PLS, and OnPLS models for single- and multi-block variable selection: VIPOPLS, VIPO2PLS, and MB-VIOP methods*. Umeå University. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-130579>
- Gholib, I. 2007. *Pengantar Kimia Farmasi*. Pustaka Pelajar.
- Hariyani, R. 2012. *Uji Stabilitas Karotenoid dalam Madu* [Thesis, Magister Biologi Program Pascasarjana UKSW]. <https://repository.uksw.edu/handle/123456789/2230>
- Harjanto, S., Mujiyanto, M., Arbainsyah, & Ramlan, A. 2020. *Budidaya Lebah Madu Kelulut Sebagai Alternatif Mata Pencarian Masyarakat*. Yayasan Swaraowa. https://elti.yale.edu/sites/default/files/rsource_files/meliponikultur_beekeeping_petunjuk_praktis_juni2020.pdf
- Hartono, P. 2021. *Penggunaan UV-Vis Spectroscopy dan Metode SIMCA untuk Diskriminasi Madu Kelengkeng dan Madu Karet PT Madu Pramuka (Skripsi)*. Univesitas Lampung.
- Iglesias, M. T., de Lorenzo, C., Polo, M. del C., Martín-Álvarez, P. J., & 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. <https://doi.org/10.1021/jf030454q>
- Kakkar, S., & Bais, S. 2014. A review on protocatechuic Acid and its pharmacological potential. *ISRN Pharmacology*, 2014, 952943. <https://doi.org/10.1155/2014/952943>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. *STATISTIK BIDANG PLANOLOGI KEHUTANAN DAN TATA LINGKUNGAN TAHUN 2019*. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. <http://pctl.menlhk.go.id/asset/action.php?action=openfile&filename=STATISTIK%20Bidang%20PKTL%20Tahun%202019.pdf>
- Kofi, K., K. A., Combey, R., & Karikari, A. 2010. *Stingless Bees: Importance, Management and Utilisation: A Training Manual for Stingless Bee Keeping*. Unimax Macmillan Ltd.
- Kuntadi, K., & Widiarti, A. 2012. BUDIDAYA LEBAH MADU *Apis mellifera* L. OLEH MASYARAKAT PEDESAAN KABUPATEN PATI, JAWA

- TENGAH. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9(4), 351–361.
<https://doi.org/10.20886/jphka.2012.9.4.351-361>
- Kusumaningrum, D., Lee, H., Lohumi, S., Mo, C., Kim, M. S., & Cho, B.-K. 2018. Non-destructive technique for determining the viability of soybean (*Glycine max*) seeds using FT-NIR spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 1734–1742. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8646>
- Lavine, B. K. 2009. Validation of Classifiers. Dalam S. D. Brown, R. Tauler, & B. Walczak (Ed.), *Comprehensive Chemometrics* (hlm. 587–599). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-044452701-1.00027-2>
- Makawi, S. Z. A., Gadkariem, E. A., & Ayoub, S. M. H. 2009. Determination of Antioxidant Flavonoids in Sudanese Honey Samples by Solid Phase Extraction and High Performance Liquid Chromatography. *E-Journal of Chemistry*, 6(s1), S429–S437. <https://doi.org/10.1155/2009/382504>
- Michener, C. D. 2007. *The bees of the world* (2nd ed). Johns Hopkins University Press.
- Miller, J. N., & Miller, J. C. 2000. *Statistics and chemometrics for analytical chemistry* (4th ed.). Pearson Education.
<http://books.google.com/books?id=oTZHAQAIAAJ>
- Moniruzzaman, M., Sulaiman, S., Azlan, S., & Gan, S. 2013. Two-Year Variations of Phenolics, Flavonoids and Antioxidant Contents in Acacia Honey. *Molecules*, 18(12), 14694–14710.
<https://doi.org/10.3390/molecules181214694>
- Mulja, M. 1995. *Analisis Instrumental*. Universitas Airlangga Press.
- Munawar, A. A., Yusmanizar, Hafidh, & Zulfahrizal. 2017. Kajian Teknologi Near Infrared Spectroscopy Sebagai Metode Baru untuk Prediksi Kualitas Madu. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Unsyiah*, Article 0.
<http://e-repository.unsyiah.ac.id/SNP-Unsyiah/article/view/6864>
- Nelli. 2004. *Waktu Pencarian Serbuk Sari Lebah Pekerja Trigona sp (Apidae: Hymenoptera). (Skripsi)*. Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Nurchahyo, B. 2015. *Identifikasi Dan Autentikasi Meniran (Phyllanthus Niruri) Menggunakan Kombinasi Spektrum Ultraviolet-Tampak Dan Kemometrika*. Institut Pertanian Bogor.
<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/78573>
- Octaviani, T., Guntarti, A., & Susanti, H. 2014. PENETAPAN KADAR β -KAROTEN PADA BEBERAPA JENIS CABE (Genus Capsicum)

DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI TAMPAK. *Pharmaciana*, 4(2), 101–109. <https://doi.org/10.12928/pharmaciana.v4i2.1566>

O'Haver, T. 2017. *A Pragmatic Introduction to Signal Processing*. Department of Chemistry and Biochemistry, The University of Maryland.

Parker, K., Salas, M., & Nwosu, V. C. 2010. High Fructose Corn Syrup: Production, Uses and Public Health Concerns. *USA Department of Biology, College of Science and Technology, North Carolina Central University*, 8 hlm.

Purwadi, Radiati, L. E., Evanuarini, H., & Andriani, R. D. 2017. *Penanganan Hasil Ternak*. Universitas Brawijaya Press.

Rahayu, C. 2012. *ANALISIS KUALITATIF DAN KUANTITATIF KANDUNGAN SENYAWA TOTAL POLIFENOL DAN FLAVONOID MADU PALIASA SECARA SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS*. *Skripsi* (hlm. 90). Universitas Hassanudin.

Rahman, M. M., Richardson, A., & Sofian-Azirun, M. 2010. Antibacterial Activity of Propolis and Honey Against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *African Journal of Microbiology Research*, 4(18), 1872–1878.

Rasmussen, C. 2008. *Catalog of the Indo-Malayan/Australasian stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini)*. Magnolia Press.

Roggo, Y., Chalus, P., Maurer, L., Lema-Martinez, C., Edmond, A., & Jent, N. 2007. A review of near infrared spectroscopy and chemometrics in pharmaceutical technologies. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 44(3), 683–700. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2007.03.023>

Sadam, B., Hariani, N., & Fachmy, S. 2016. Jenis Lebah Madu Tanpa Sengat (Stingless Bee) di Tanah Merah Samarinda). *Jurnal MIPA UNMUL*, 5.

Saepudin, R., Sutriyono, S., & Saputra, R. O. 2014. Kualitas Madu yang Beredar Di Kota Bengkulu Berdasarkan Penilaian Konsumen dan Uji Secara Empirik. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 9(1), 30–40. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.9.1.30-40>

Schuhfried, E., Sánchez del Pulgar, J., Bobba, M., Piro, R., Cappellin, L., Märk, T. D., & Biasioli, F. 2016. Classification of 7 monofloral honey varieties by PTR-ToF-MS direct headspace analysis and chemometrics. *Talanta*, 147, 213–219. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.09.062>

Sihombing, D. T. H. 1997. *Ilmu ternak lebah madu* (Cetakan Kedua). Gadjah Mada University Press.

- Smirnoff, N. 2005. *Antioxidant and Reactive Oxygen Species in Plants*. Blackell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9780470988565.fmatter>
- SNI 3544 (BSN). 2013. *Sirup*. Badan Standarisasi Nasional. https://kupdf.net/download/sni-sirup_58ec4250dc0d608178da9810_pdf
- Souza, B., Roubik, D., Barth, O., Heard, T., Enríquez, E., Carvalho, C., MARCHINI, L., LOCATELLI, J., PERSANO-ODDO, L., Almeida-Muradian, L., Bogdanov, S., & Vit, P. 2006. Composition of stingless bee honey: Setting quality standards. *Interciencia*, 31, 867–875.
- Subagyo, P. 2008. *Forecasting: Konsep dan Aplikasi* (2 ed.). BPFE-UGM.
- Sugianti, C., Apratiwi, N., Suhandy, D., Telaumbanua, M., Waluyo, S., & Yulia, M. 2016. STUDI PENGGUNAAN UV-VIS SPECTROSCOPY UNTUK IDENTIFIKASI CAMPURAN KOPI LUWAK DENGAN KOPI ARABIKA. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 5(3), 167–176. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v5i3.%p>
- Suhandy, D., & Yulia, M. 2019. *Tutorial Analisis Data Spektra Menggunakan The Unscrambler*. Graha Ilmu.
- Suhandy, D., & Yulia, M. 2021. UJI KEASLIAN MADU LEBAH HUTAN APIS DORSATA DARI NEKTAR UNIFLORA ACACIA MANGIUM MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI ULTRAVIOLET DAN KEMOMETRIKA. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 22(1), 25–34. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2021.022.01.3>
- Suhandy, D., Yulia, M., Ogawa, Y., & Kondo, N. 2018. Diskriminasi Kopi Lanang Menggunakan UV-Visible Spectroscopy dan Metode SIMCA. *Agritech*, 37(4), 471. <https://doi.org/10.22146/agritech.12720>
- Suprawijaya, P., Andrie, M., & Taurina, W. 2021. UJI SIFAT FISIK SEDIAAN SALEP KOMBINASI MADU KELULUT (*Trigona* sp.) DAN MINYAK CENGKEH (*Syzygium aromaticum* L.). *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, 4(1), Article 1. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmfarmasi/article/view/46090>
- Supriyanto. 2019. *Identifikasi Grade Teh Hitam (Camellia sinensis) CTC Produk PT. Perkebunan Nusantara VIII Unit Rancabali Bandung Menggunakan UV-Vis Spectroscopy dan Metode SIMCA*. Universitas Lampung. <https://docplayer.info/145218687-Ctc-produk-pt-perkebunan-nusantara-viii-unit-rancabali-bandung-menggunakan-uv-vis-spectroscopy.html>
- Suranto, A. 2004. *Khasiat dan manfaat madu herbal*. Agromedia Pustaka.

- Syafrizal. 2014. Keragaman dan Habitat Lebah Trigona pada hutan Sekunder Tropis Basah. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(1), 34–39.
- Vercellis, C. 2009. *Business intelligence: Data mining and optimization for decision making*. Wiley.
- Wibowo, A. W. 2019. *KUALITAS BEBERAPA JENIS MADU HASIL BUDIDAYA DI KECAMATAN DAWE KABUPATEN KUDUS* [Universitas Gadjah Mada]. <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/169045>
- Wibowo, B. A. 2016. Alat Uji Kualitas Madu Menggunakan Polarimeter dan Sensor Warna. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1), 28–33.
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i1.15251>
- Winarno, F. G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama.
- Zahrok, H. 2019. *Studi Penggunaan Metode Analisis Berbasis UV-Vis Spectroscopy dan Metode SIMCA untuk Membedakan Kopi Codot Murni dan Kopi Codot Campuran*. Univesitas Lampung.
- Zaini, M., F. 2019. *Studi Penggunaan UV-Vis Spectroscopy dan Metode SIMCA untuk Klasifikasi Madu Hutan Berdasarkan Letak Geografis. (Skripsi)*. Univesitas Lampung.