

**ANALISIS ADULTERAN SUKROSA PADA MADU MENGGUNAKAN METODE
*FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (FTIR)***

Laporan Tugas Akhir

**TRISKA VALENTCIA AUDIATRI
11161117**



**Universitas Bhakti Kencana
Fakultas Farmasi
Program Strata I Farmasi
Bandung
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS ADULTERAN SUKROSA PADA MADU MENGGUNAKAN METODE
FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (FTIR) DAN
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA)**

Laporan Tugas Akhir

Diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan Program Strata I Farmasi

**TRISKA VALENCIA AUDIATRI
11161117**

Bandung, Agustus 2020

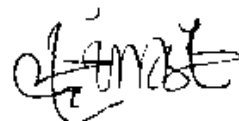
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



(Anne Yuliantini, M.Si.)

Pembimbing Serta,



(apt. Winasih Rachmawati, M.Si.)

ABSTRAK

ANALISIS ADULTERAN SUKROSA PADA MADU MENGGUNAKAN METODE *FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (FTIR)*

Oleh :

TRISKA VALENCIA AUDIATRI

11161117

Madu adalah cairan manis alami yang berasal dari nektar tumbuhan yang didapatkan dari lebah madu. Seiring dengan peningkatan konsumsi madu, berkembanglah cara pemalsuan madu dengan menambahkan sukrosa untuk memperoleh keuntungan yang lebih banyak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi adulteran pada produk madu yang beredar di pasaran. Analisis adulteran terdiri dari 4 tahapan utama, yaitu pengukuran spektrum IR sukrosa dan madu murni yang berasal dari Lombok, Majalengka, dan Wamena pada bilangan gelombang 650-4000 cm^{-1} , analisis PCA, simulasi dan analisis sampel yang ada di pasaran. Pengelompokan data PCA yang didapatkan yaitu madu dari Lombok dan Majalengka memiliki karakteristik yang sama karena berada pada kuadran yang sama dan tidak berada pada kuadran sukrosa. Sedangkan madu yang berasal dari daerah Wamena memiliki karakteristik yang berbeda karena berada pada kuadran yang berbeda dengan madu yang berasal dari Lombok dan Majalengka dan juga tidak berada pada kuadran sukrosa. Hasil menunjukkan bahwa ketiga sampel produk madu tidak berada pada kuadran sukrosa dapat diduga bahwa sampel madu negatif mengandung adulteran sukrosa.

Kata Kunci : Adulteran, Madu, Sukrosa, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), kemometrik, *Principal Component Analysis* (PCA).

ABSTRACT

ANALISIS ADULTERAN SUKROSA PADA MADU MENGGUNAKAN METODE FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (FTIR)

By :

TRISKA VALENTCIA AUDIATRI

11161117

Honey is a natural sweet liquid derived from the nectar of plants obtained from honeybees. Along with the increase in the consumption of honey, there developed a way falsification of honey by adding sukosa to gain more profit. The purpose of this study is to detect adulterants in honey products on the market. Adulteran analysis consists of 4 main stages, namely measurement of IR spectrum of sucrose and pure honey originating from Lombok, Majalengka, and Wamena at wave numbers 650-4000 cm^{-1} , PCA analysis, simulation and analysis of samples on the market. The grouping of PCA data obtained ie honey from Lombok and Majalengka has the same characteristics because they are in the same quadrant and not in the sucrose quadrant. While honey from Wamena has different characteristics because it is in a different quadrant than honey from Lombok and Majalengka and also not in the sucrose quadrant. The results show that the three samples of honey products are not in the sucrose quadrant, it can be assumed that the negative honey samples contain sucrose adulterants.

Keywords: Adulteran, Honey, Sucrose, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), chemometrics, *Principal Component Analysis* (PCA).

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik, yang berjudul **“ANALISIS ADULTERAN SUKROSA PADA MADU MENGGUNAKAN *FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (FTIR)*”**. Laporan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu dari syarat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Program Strata Satu di Universitas Bhakti Kencana Bandung Program Studi Farmasi.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Ibu Anne Yuliantini, M.,Si selaku pembimbing utama dan Ibu Winasih Rachmawati, M.Si., Apt selaku pembimbing serta yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan memberikan arahan selama penyusunan skripsi.
2. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis.
3. Seluruh dosen dan seluruh civitas akademika Universitas Bhakti Kencana yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
4. Rekan-rekan seperjuangan Program Studi S1 Farmasi Angkatan 2016 yang telah membantu dan memberi dukungan bagi penulis sehingga akhirnya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
5. Kepada sahabat-sahabat penulis Muhammad Fahmi Amrudin, Anjela Noya, Nadhifah Asshofiatun yang selalu memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk mendorong penelitian selanjutnya.

Bandung, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 MADU.....	3
II.1.1 Lebah penghasil madu :.....	4
II.1.2 Kualitas madu.....	5
II.1.3 Ciri-ciri madu murni	5
II.1.4 Ciri-ciri madu palsu	5
II.1.5 Menguji keaslian madu	6
II.2 SUKROSA	7
II.3 FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (FTIR).....	8
II.4 KEMOMETRIK	8
II.5 Principal Component Analysis (PCA)	9
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	12
BAB IV ALAT DAN BAHAN	13
IV.1 ALAT :	13
IV.2 BAHAN :	13
BAB V PROSEDUR	14
V.1. Pengumpulan Bahan.....	14
V.2. Analisis Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Madu Murni	14
V.4. Analisis Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Simulasi	14
V.5. Analisis Kemometrik.....	15
V.6. Analisis PCA.....	15
V.7. Analisis Sampel	15
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	16

VI.1. Pengumpulan Bahan.....	16
VI.2. Pembuatan Simulasi antara Madu Murni dan Sukrosa	17
VI.3. Pengukuran Madu Murni dan Simulasi Adulteran Madu menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	17
VI.4. SPEKTRUM FTIR	17
VI.5. ANALISIS GUGUS FUNGSI.....	19
VI.6. ANALISIS PCA	24
VI.7. VALIDASI PCA.....	26
VI.8. ANALISIS ADULTERAN SAMPEL	26
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	32
VII.1 KESIMPULAN.....	32
VII.2 SARAN	32
DAFTAR PUSTAKA	33

DAFTAR TABEL

Tabel VI.1 : Organoleptik Madu Murni	16
Tabel VI.2 : Daftar bilangan gelombang.....	18
Tabel VI.3 : pengujian organoleptik sampel madu menggunakan pemanasan.....	28
Tabel VI.4 : pengujian organoleptik kadar air pada sampel madu.....	29
Tabel VI.5 : pengujian organoleptik homogenitas sampel madu menggunakan air.....	30
Tabel VI.6 : pengujian organoleptik segienam pada madu	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar VI.1 : Spektrum FTIR Overlay madu murni	19
Gambar VI.2 : Spektrum FTIR Overlay sukrosa	19
Gambar VI.3 : Spektrum FTIR overlay simulasi.....	20
Gambar VI.4 : Spektrum FTIR overlay tiga jenis sampel.....	20
Gambar VI.5 : Spektrum FTIR overlay sukrosa dengan tiga jenis madu murni	21
Gambar VI.6 : Spektrum FTIR overlay sampel 1 dengan madu murni	21
Gambar VI.7 : Spektrum FTIR overlay sampel 2 dengan madu murni	22
Gambar VI.8 : Spektrum FTIR overlay sampel 3 dengan madu murni	22
Gambar VI.9 : Spektrum FTIR overlay sampel 1 dengan sukrosa.....	23
Gambar VI.10 : Spektrum FTIR overlay sampel 2 dengan sukrosa.....	23
Gambar VI.11 : Spektrum FTIR overlay sampel 3 dengan sukrosa.....	24
Gambar VI.12 : PCA madu murni tiga daerah dengan sukrosa.....	25
Gambar VI.13 : Normalisasi PCA metode Smoothing Baseline SNV	25
Gambar VI.14 : <i>Scores</i> sampel madu pertama (madu flora).....	26
Gambar VI.15 : <i>Scores</i> sampel madu kedua (madu TJ).....	26
Gambar VI.16 : <i>Scores</i> sampel madu ketiga (madurasa)	27

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 SPEKTRUM INFRAMERAH MADU MURNI	35
LAMPIRAN 2 SPEKTRUM INFRAMERAH SUKROSA	36
LAMPIRAN 3 SPEKTRUM SAMPEL MADU	36
LAMPIRAN 4 NORMALISASI PCA	37
LAMPIRAN 5 SAMPEL MADU.....	38
LAMPIRAN 6 MADU MURNI TIGA DAERAH.....	38
LAMPIRAN 7 PROSES PENIMBANGAN.....	39

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN

cm⁻¹

FTIR

LDA

PCA

PFA

SIMCA

MAKNA

Per-centimeter

Fourier Transform Infrared Spectroscopy

Linear Discriminant Analysis

Principal Component Analysis

Principal Factor Analysis

Soft Independent Modelling of Class Analogies

BAB I.

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Madu merupakan cairan manis alami yang berasal dari nektar tanaman yang didapatkan dari lebah madu (BSN, 2004). Madu dihasilkan oleh lebah madu dan baik untuk dikonsumsi manusia karena madu mengandung gizi yang esensial, diantaranya yaitu natrium, kalsium, magnesium, aluminium, besi, fosfor dan kalium. Vitamin yang terdapat dalam madu yaitu thiamin (B1), riboflavin (B2), asam askorbat (C), piridoksin (B6), niasin, asam pantotenat, biotin, asamfolat dan vitamin K. Madu tidak hanya digunakan sebagai pemanis atau penyedap makanan dan minuman, tetapi dapat juga digunakan sebagai obat-obatan (Putu et al., 2017)

Madu berasal dari nektar yang diolah lebah untuk dijadikan sebagai makanan yang disimpan pada sarang lebah. Nektar adalah suatu senyawa kompleks yang dihasilkan oleh kelenjar "*necterifier*" tanaman dalam bentuk larutan gula yang bervariasi. Komponen utama dari nektar adalah sukrosa, fruktosa, dan glukosa serta zat-zat gula lainnya seperti maltosa, melibiosa, rafinosa, dan turunan karbohidrat lainnya (Sumantri et al., 2013).

Proses pengolahan dari nektar menjadi madu melalui 2 proses, pertama yaitu proses kimia, yaitu (nektar diubah menjadi gula yang sederhana, reaksi ini disebut reaksi invertase. Reaksi Invertase berlangsung secara katalitik dengan bantuan dari enzim yang terdapat dalam nektar dan air liur pada lebah). dan yang kedua yaitu proses fisika, yaitu proses pengurangan kadar air yang terdapat pada nektar yang telah mengalami proses kimia dengan cara membiarkan nektar terkena udara dan kemudian dilanjutkan dengan kepakan sayap lebah dalam stup sehingga lebah madu menutup sel-sel madu dengan selapis malam (*wax*) (Putu et al., 2017).

Madu selain digunakan untuk mengobati berbagai macam penyakit juga digunakan untuk meningkatkan stamina, energi dan juga untuk kecantikan. Pola hidup sehat membudayakan konsumsi madu setiap hari menyebabkan masyarakat semakin tertarik mengkonsumsi madu. Seiring dengan peningkatan konsumsi madu, berkembanglah cara-cara pemalsuan madu oleh pihak tertentu untuk mendapatkan keuntungan (Sumantri et al., 2013)

Madu palsu atau tiruan adalah larutan yang menyerupai madu. Madu palsu dibuat tanpa pertolongan lebah atau menggunakan gula sebagai nektar. Umumnya, madu palsu atau madu tiruan ini mempunyai warna yang sama dengan madu asli. Oleh karena itu, bagi orang awam sulit untuk membedakan antara madu asli dan madu tiruan. Madu palsu dibuat dengan suatu rekayasa sehingga memiliki sifat, rasa dan aroma yang sangat mirip dengan madu asli (Maun, 1999).

Cara pemalsuan madu dapat dilakukan dengan mencampurkan madu dengan larutan sukrosa, sirup glukosa/fruktosa, memberikan asupan tawon dengan larutan sukrosa bahkan ada yang memalsukan madu secara penuh artinya madu palsu dibuat 100% dari larutan gula yang ditambahkan asam sitrat dan beberapa bahan tambahan lain. Kandungan sukrosa dalam madu menurut syarat mutu madu SNI 01-3545-2004 yaitu sebesar 5%, jika kandungan sukrosa madu lebih besar dari syarat mutu, maka dapat disimpulkan bahwa madu tersebut merupakan madu palsu yang dibuat dengan tambahan larutan sukrosa. Pemalsuan madu dengan cara seperti ini dapat merugikan masyarakat yang mengkonsumsi karena jika tingkat konsumsi gula yang berlebihan dapat menyebabkan timbulnya penyakit diabetes mellitus (Sumantri et al., 2013).

1.2 . RUMUSAN MASALAH

1. Apakah metode ftir dan pca dapat mengidentifikasi sukrosa pada madu?
2. Apakah madu yg beredar di pasaran mengandung sukrosa tambahan?

1.3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Menentukan ada atau tidaknya sukrosa pada madu yang beredar di pasaran.

1.4. HIPOTESIS PENELITIAN

Diduga produk madu yang beredar di pasaran mengandung adulterant sukrosa agar memiliki rasa manis yang mirip seperti madu asli.

1.5. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium Universitas Bhakti Kencana Bandung pada bulan Februari sampai Maret

BAB II.

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 MADU

Madu merupakan cairan yang menyerupai sirup, tapi lebih kental dan memiliki rasa manis yang didapatkan dari lebah pada nektar bunga. Madu memiliki banyak kandungan mineral seperti natrium, kalsium, magnesium, aluminium, besi, fosfor, dan kalium. Vitamin-vitamin yang terdapat dalam madu yaitu tiamin (B1), riboflavin (B2), asam askorbat (C), piridoksin (B6), niasin, asam pantotenat, biotin, asam folat, dan vitamin K (Putu et al., 2017).

Enzim yang terdapat dalam madu adalah enzim diastase, invertase, glukosa oksidase, peroksidase, dan lipase. Enzim diastase adalah enzim yang mengubah karbohidrat kompleks (polisakarida) menjadi karbohidrat yang sederhana (monosakarida). Enzim invertase adalah enzim yang memecah molekul sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Dan enzim oksidase adalah enzim yang membantu oksidasi glukosa menjadi asam peroksida. Enzim peroksidase melakukan proses oksidasi metabolisme. Asam yang terdapat dalam madu yaitu asam glutamat. Selain itu, asam organik yang terkandung dalam madu yaitu asam asetat, asam butirat, format, suksinat, glikolat, malat, proglutamat, sitrat, dan piruvat (Wulandari, 2017).

Rasa manis madu terjadi karena madu memiliki unsur monosakarida fruktosa dan glukosa, sehingga madu memiliki rasa manis yang hampir sama dengan gula tetapi madu memiliki rasa yang berbeda dengan gula dan pemanis lainnya (Se et al., 2018)

Pada umumnya, madu efektif untuk menambah tenaga, meningkatkan daya tahan tubuh, serta menaikkan stamina. Penyakit yang bisa diatasi menggunakan madu ialah penyakit lambung, radang usus, jantung, serta hipertensi. Selain itu, pada madu ada zat asetil kolin yang berfungsi melancarkan metabolisme tubuh, seperti melancarkan peredaran darah serta menurunkan tekanan darah. Meski madu mempunyai pH yang rendah yaitu 3, 2- 4, 5 akan tetapi madu bisa meningkatkan pH pada lambung. Perihal ini diakibatkan karena madu mempunyai kandungan mineral yang bersifat alkali, yang berperan sebagai buffer. Semakin gelap warna pada madu, maka kandungan mineral pada madu

semakin tinggi sehingga semakin tinggi pula sifat alkalinitasnya (Sumantri et al., 2013)

Tipe madu bersumber pada perolehannya dibedakan menjadi madu peras(strained honey) serta madu ekstraksi. Madu peras ialah madu yang langsung di peras dari sarangnya. Ada pula madu ekstraksi merupakan madu yang dapat melalui proses sentrifugasi.

II.1.1 Lebah penghasil madu :

1. *Apis cerana indica* yaitu lebah local
2. *Apis dorsata* yaitu lebah hutan
3. *Apis trigona* yaitu lebah lonceng
4. *Apis mellifera* yaitu lebah jenis unggulan impor yang disebut juga lebah italia.

Apis cerana indica dan *Apis mellifera* lebih populer ditenak untuk menghasilkan madu di Indonesia. *Apis cerana indica* dan *Apis mellifera* ini memproduksi madu paling tinggi sehingga baik untuk dikembangkan, karena lebah *Apiscerana indica* umumnya dapat dikenal dengan lebah lalat. Produksi madunya sekitar 6 – 12 kg setiap tahunnya untuk satu koloni lebah. Lebah ini cukup banyak dipelihara oleh peternak (Sudaryanto, 2010).

Apis dorsata (lebah hutan) adalah lebah madu yang sulit untuk dibudidayakan karena selain sifatnya yang agresif dan galak, sarang lebah hutan sering berada di tempat-tempat yang tinggi, seperti di cabang pohon, loteng atau bukit batu yang terjal. Madu yang dihasilkan dinamakan madu hutan (Sudaryanto, 2010).

Apis trigona menghasilkan madu yang relatif lebih asam dibandingkan dengan madu biasa. Biasanya membuat koloni di bekas-bekas bambu yang tidak terpakai, di batang-batang pohon yang sudah rapuh, serta banyak ditemukan di daerah yang dekat dengan hutan atau kebun-kebun yang luas. Madu yang dihasilkan dari lebah Trigona baik untuk mengobati beberapa penyakit, seperti asam urat, jantung, asma, dan kolestrol yang tinggi (Wardoyo et al., 2016).

II.1.2 Kualitas madu

Kualitas madu dapat dilihat dari warna madu, rasa madu, jenis madu, komposisi madu, dan kadar air yang terdapat pada madu :

1. Rasa madu dapat ditentukan oleh zat yang terdapat dalam madu di antaranya glukosa, alkaloid, gula, asam glukonat, dan prolin. Rasa dan aroma madu paling enak ketika madu baru dipanen dari sarangnya. Setelah itu, senyawa-senyawa yang terdapat dalam madu sedikit demi sedikit menjadi menguap. Senyawa dalam madu dapat menguap karena senyawa yang terdapat dalam madu memiliki sifat volatil (mudah menguap). Oleh karena itu, untuk menjaga kualitas madu, cara menyimpan madu haruslah diperhatikan (Putu et al., 2017).
2. Warna merupakan kriteria pada mutu madu. Warna pada madu dapat dipengaruhi oleh kandungan mineral, jenis tanaman asal, cara pengolahan madu seperti ekstraksi madu dan pemanasan (Putu et al., 2017).
3. Tingkat keasaman madu penting untuk menentukan kualitas pada madu. Keasaman yang terdapat dalam madu dapat mempengaruhi kestabilan madu terhadap mikroorganisme. Asam juga dapat mempengaruhi rasa dan aroma madu (Putu et al., 2017)

II.1.3 Ciri-ciri madu murni :

1. Tekstur madu tidak lengket
2. Tekstur madu sangat kental
3. Madu tidak mudah larut dalam air
4. Rasa manis madu tidak tertinggal pada lidah
5. Tidak berbuih jika dipanaskan

II.1.4 Ciri-ciri madu palsu :

1. Tekstur madu lebih lengket
2. Tekstur madu lebih cair
3. Madu mudah larut dalam air
4. Terdapat endapan jika didiamkan dalam jangka waktu yang cukup lama
5. Rasa manis pada madu teringgal pada lidah

II.1.5 Menguji keaslian madu :

1. Dipanaskan menggunakan lilin

Jika madu dipanaskan diatas lilin menggunakan sendok kemudian warna madu berubah menjadi warna cokelat pekat, berbuih, dan jika didinginkan kembali, tekstur madu menjadi lembut dan saat ditarik menggunakan lidi tekstur madu akan seperti benang dapat dikatakan madu tersebut merupakan madu murni. Tetapi jika madu dipanaskan tidak berbuih dan jika kembali didinginkan tekstur madu menjadi lebih kaku dan mudah putus, dapat dikatakan madu tersebut merupakan madu palsu atau madu tiruan (prabowo sulisty, et., 2019).

2. Menggunakan kertas koran

Untuk melihat keaslian madu, dapat juga menggunakan uji kertas koran dengan tujuan untuk melihat kadar air yang terdapat pada madu. Kadar air pada madu asli lebih sedikit, atau bahkan tidak mengandung air. Uji dilakukan dengan cara menuang satu sendok teh madu keatas kertas koran kemudian diamkan sekaiar 3 menit. Jika madu pada kertas koran tidak meresap, maka dapat dikatakan madu yang diujikan merupakan madu asli, karena tidak terdapat kadar air. Tetapi jika madu pada kertas mudah meresap, maka dapat dikatakan madu yang diujikan merupakan madu palsu atau madu tiruan, kerana banyak terdapat kadar air pada madu yang diujikan (prabowo sulisty, et., 2019).

3. Mencampur madu menggunakan air

Jika madu asli dicampur menggunakan air hangat, maka madu tersebut tidak mudah larut dan air akan tetap jernih sebelum diaduk. Tetapi jika madu palsu atau tiruan dicampur menggunakan air hangat, air akan menjadi keruh sebelum dilakukan pengadukan. Banyak mikroorganismenya yang tidak dapat bertahan atau berkembang di dalam madu karena rendahnya aktivitas air yang hanya 0.6% (prabowo sulisty, et., 2019).

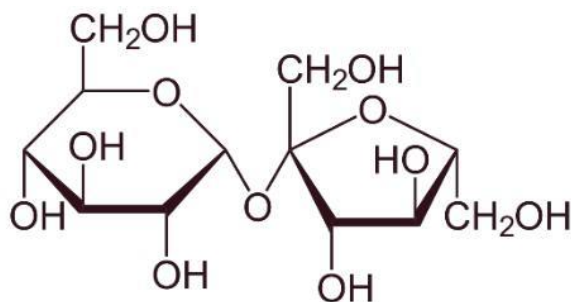
4. Uji Segienam

Sekitar 2 sendok makan madu dituangkan kedalam piring berwarna putih kemudian campurkan menggunakan sedikit air melalui pinggiran piring sampai madu tenggelam. Kemudian gerakkan piring membentuk angka delapan sebanyak tiga kali. Jika segienam yang terbentuk kurang jelas dan cepat hilang

maka dapat dikatakan madu tersebut tidak murni. Tetapi jika segienam yang terbentuk jelas dan bertahan lama maka dapat dikatakan bahwa madu tersebut murni (prabowo sulisty, et., 2019).

II.2 SUKROSA

Sukrosa merupakan suatu disakarida yang berasal dari monomer-monomernya yang berupa unit glukosa dan fruktosa, dengan rumus molekul $C_{12}H_{22}O_{11}$.



Gambar II.1 : Struktur sukrosa

Sifat fisika dan kimia sukrosa :

Rumus molekul	: $C_{12}H_{22}O_{11}$
Berat molekul	: 342, 3 gram/mol
Bentuk fisik	: padat, berwarna putih
Massa jenis	: 1,5879 gram/cm ³
Titik leleh	: 186°C

Sukrosa dikenal sebagai sumber nutrisi yang dibentuk dari tumbuhan. Unit glukosa dan fruktosa diikat oleh jembatan asetal oksigen dengan orientasi alpha. Struktur ini mudah dikenali karena mengandung enam cincin glukosa dan lima cincin fruktosa. Proses fermentasi sukrosa melibatkan mikroorganisme yang dapat memperoleh energi dari substrat sukrosa dengan melepaskan karbondioksida dan produk samping berupa senyawa alkohol. Sukrosa akan meleleh pada suhu 186°C dan akan membentuk karamel.

Gula yang diproduksi oleh tanaman dalam bentuk nektar bukanlah madu, kecuali bila gula-gula tersebut telah diolah didalam perut lebah. Madu lain yang dibuat tanpa pertolongan lebah atau oleh gula selain nektar dianggap madu palsu.

II.3 *FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY (FTIR)*

Metode spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan teknik transformasi Fourier untuk deteksi dan analisis spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode spektroskopi absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan dari perbedaan penyerapan radiasi inframerah oleh molekul pada suatu zat. Absorpsi inframerah pada suatu zat dapat terjadi jika memenuhi 2 syarat, yaitu :

1. Kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel.
2. Perubahan momen dipol selama bervibrasi.

Komponen utama spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yang memiliki fungsi menguraikan (mendispersi) radiasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi (Gad et al., 2013).

Deteksi pemalsuan madu dilakukan dengan menggunakan teknik yang berbeda, seperti, isotop, kromatografi, analisis termal, elemen dan Teknik. Metode FTIR ini berbeda dengan teknik isotop yang banyak menghabiskan waktu pada saat proses pengerjaannya. FTIR spektroskopi ini dapat dilakukan dalam waktu yang sangat singkat. Beberapa spektrum dapat diproses untuk mengurangi rasio signal-to-noise, dan dapat meningkatkan informasi lebih lengkap. Metode deteksi ini mempunyai beberapa manfaat seperti skrining keaslian yang sangat cepat (tes dapat dilakukan dalam 1-2 menit), mudah digunakan, dan banyak hasil yang dapat dalam satu kali tes (Gallardo-Velázquez et al., 2009).

II.4 *KEMOMETRIK*

Kemometrik adalah aplikasi matematika yang digunakan untuk mengolah, menginterpretasi, dan mengevaluasi data. Metode kemometrik digunakan untuk menemukan korelasi statistika yang diketahui melalui data sampel. Teknik kombinasi antara kemometrik dan spektroskopi banyak digunakan dalam mengidentifikasi sampel seperti membedakan flavon polimetoksilasi dari residu minyak jeruk, vitamin C dalam campuran bubuk dan cairan, asam organik dan penentuan karbohidrat dalam buah-buahan. Metode

kemometrik mendukung spektroskopi FTIR untuk menganalisis komponen dari madu. Metode analisis ini dikembangkan dengan memuat informasi fingerprint yang bersifat khas sebagai variable yang mempengaruhi kandungan kimiawi sampel seperti konsentrasi dan aktivitas hayati (Arvanitoyannis et al., 2005).

Teknik kemometrik seperti analisis multivariat dapat digunakan dalam memudahkan analisis data yang dihasilkan dari spektrum inframerah (Gad et al., 2013). Contoh metode multivariat yang biasa digunakan yaitu *Linear Discriminant Analysis (LDA)*, *Soft Independent Modelling of Class Analogies (SIMCA)*, *Partial Least Square (PLS)*, dan *Principal Component Analysis (PCA)*.

II.5 Principal Component Analysis (PCA)

Dalam membuktikan suatu parameter memenuhi syarat untuk tujuan penggunaannya maka dilakukan validasi metode analisis yang merupakan suatu proses penilaian terhadap parameter analitik tertentu berdasarkan percobaan laboratorium. Validasi metode analisis bertujuan untuk mendapatkan hasil analisis yang valid, dapat dipercaya dan dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah dan hasil analisis dapat menunjukkan kesesuaian dengan tujuan pengujian (Gad et al., 2013).

Hasil analisis sidik jari dengan metode spektroskopi FTIR berupa spektrum yang dapat diolah dan divalidasi dengan metode PCA. Metode PCA adalah interpretasi data yang dilakukan dengan reduksi data, dimana jumlah variabel dalam suatu matriks dikurangi untuk menghasilkan variabel baru dengan tetap mempertahankan informasi yang dimiliki oleh data. Variabel baru yang dihasilkan dapat berupa skor atau komponen utama (Riswahyuli et al., 2020).

Pada analisis PCA terdapat dua komponen, yaitu statistik dan matriks algebra. Pada statistik terdiri dari data berikut :

A. Standar Deviasi (SD)

1. Varians

Yaitu ukuran lain dari penyebaran data dalam kumpulan data yang identik dengan standar deviasi.

2. Kovarian
Yaitu ukuran, pada kovaariansi selalu diukur antara 2 dimensi.
3. Kovarian Matriks

B. Matriks Algebra

Matriks algebra adalah matriks dasar daari PCA. Matriks algebra berfungsi untuk memberikan latar belakang aljabar matriks yang dibutuhkan pada PCA (nilai eigen dan faktor eigen).

1. Faktor Eigen

Faktor eigen adalah komponen utama dari PCA yang mencerminkan varians umum dan varians yang unik dan dapat dilihat sebagai pendekatan yang focus pada varian yang berusaha memproduksi varians variabel total dengan semua komponen dan untuk mereproduksi korelasi.PCA jauh lebih umum dari *Principal Factor Analysis* (PFA), dan biasanya menggunakan “factor” secara bergantian dengan “komponen”. Komponen utama adalah kombinasu linear dari variable asli yang dibobot oleh kontribusinya untuk menjelaskan varians dalam dimensi orthogonal tertentu.

2. Eigen Value

Eigen value disebut juga ciri khas akar. Nilai eigen untuk faktor tertentu mengukur varians dalam semua variable yang diketahui oleh faktor tersebut. Rasio nilai eigen adalah faktor jelas terhadap faktor-faktor yang berkenan dengan variable. Jika sebuah faktor menghasilkan nilai yang rendah, maka sedikit kontribusi terhadap varians dan dapat diabaikan sebagai faktor yang lebih penting. Nilai eigen mengukur jumlah variasi dalam total sampel yang dicatat oleh masing-masing faktor. Nilai dasar eigen faktor dihitung sebagai jumlah pemuatan faktor kuadrat untuk semua variable (Svečnjak et al., 2017).

3. Eigen Faktor dan Eigen Value

Misalnya C adalah matriks dari $n \times n$ dengan I sebagai matriks identitasnya. Nilai eigen dari C didefinisikan sebagai akar dari persamaan :

$$\text{Determinan } (C - \alpha I) = |(C - \alpha I)| = 0(1)$$

Persamaan diatas disebut dengan persamaan polinomial karakteristik C dan memiliki n akar. Terkait dengan masing-masing nilai eigen adalah seperangkan koordinat yang menentukan arah sumbu utama yang terkait yang disebut sebagai faktor eigen (x) dan dihitung sebagai :

$$Cx = \alpha x$$

Besaran nilai eigen menggambarkan panjang, dan faktor eigen menggambarkan arah sumbu utama (Gupta dkk., 2013).

Jika terdapat suatu matriks A berukuran $n \times n$ dan vektor tak nol x berukuran, $x \in \mathbb{R}^n$ dapat dituliskan :

$$Ax = \alpha x$$

Keterangan :

A : Faktor berukuran $n \times n$

α : skala real yang memenuhi persamaan, disebut juga nilai eigen (karakteristik)

X : faktor eigen