

## **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 *Apis cerana 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 kolesterol 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 tertinggal 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 sekitar 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, karena 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 mikroorganisme yang tidak dapat bertahan atau berkembang di dalam madu karena rendahnya aktivitas air yang hanya 0.6% (prabowo sulisty, et., 2019).

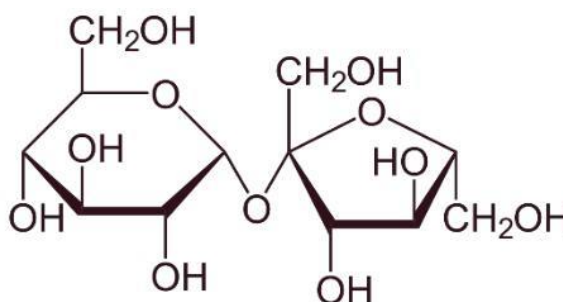
#### **4. Uji Segienam**

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 <sup>3</sup>
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 spektrokopi 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 :

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

Persamaan diatas disebut dengan persamaan polinomial karakteristik  $C$  dan memiliki  $n$  akar. Terkait dengan masing-masing nilai eigen adalah seperangkai 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,  $x \in R^n$  dapat dituliskan :

$$Ax = \alpha x$$

Keterangan :

$A$  : Faktor berukuran  $n \times n$

$\alpha$  : skala real yang memenuhi persamaan, disebut juga nilai eigen (karakteristik)

$X$  : faktor eigen