

## **Penerapan Analisis Multivariat untuk Memetakan Sifat Fisikokimia dan Mutu Glikemik Madu**

### ***Application of Multivariate Analysis to Mapping Physicochemical Properties and Glycemic Quality of Honey***

**Oke Anandika Lestari <sup>1\*</sup>, Yohana Sutiknyawati Kusuma Dewi <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Tanjungpura, Pontianak*

Email korespondensi : oke.anadika.l@faperta.untan.ac.id

#### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik madu. Sampel madu yang digunakan ada tiga yang mewakili perbedaan lebah dan pohon sarang lebah. Madu kelulut (MK) mewakili madu yang dihasilkan oleh lebah tanpa sengat (*Trigona* sp), sedangkan madu tikung (TK) oleh lebah dengan sengat (*Apis* sp). Madu tikung yang digunakan diperoleh dari 2 pohon sarang yang berbeda, yang disebut MT1 dan MT2. Karakteristik fisikokimia dilakukan uji kadar air, warna, viskositas, kadar abu, protein, lemak, karbohidrat, profil gula (glukosa, fruktosa, sukrosa, laktosa), total asam, dan asam galakturonat. Mutu glikemik dilakukan dengan analisis indeks glikemik dengan relawan sehat. Analisis multivariat dilakukan dengan PCA untuk menentukan pengelompokan, kemudian pengelompokan dilanjutkan sebagai kelas pada OPLS-DA. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 9 karakteristik penting yang membedakan madu Kelulut dengan Tikung, yaitu berurutan dari yang sangat penting, total asam, viskositas, fruktosa, glukosa, IG, b, L, a, dan laktosa. Madu Kelulut memiliki karakteristik dominan, yaitu total asam dan glukosa yang tinggi, serta viskositas yang rendah. Madu Tikung dari sarang di pohon yang berbeda dapat memiliki karakteristik yang berbeda terutama, warna kemerahan dan kecerahan, IG, dan laktosa. Penelitian ini menunjukkan IG memiliki korelasi negatif dengan glukosa dan total asam, akan tetapi berkorelasi positif dengan laktosa.

**Kata kunci : kelulut; multivariat; OPLS-DA; PCA; tikung**

#### **Abstract**

*This study aims to map the physicochemical characteristics and glycemic quality of honey. There are three honey samples used which represent differences in bees and beehive locations. Kelulut honey (MK) represents honey produced by stingless bees (*Trigona* sp), while tikung honey (TK) is produced by stingless bees (*Apis* sp). The tikung honey used was obtained from 2 nest locations, namely MT1 and MT2. Physicochemical characteristics were tested for water content, color, viscosity, ash content, protein, fat, carbohydrates, sugar profile (glucose, fructose, sucrose, lactose), total acid, and galacturonic acid. Glycemic quality was performed by glycemic index analysis with healthy volunteers. Multivariate analysis was performed with PCA to determine grouping, then grouping was continued as a class in OPLS-DA. The results showed that there were 9 important characteristics that distinguished Kelulut honey from Tikung, namely sequentially from very important, total acid, viscosity, fructose, glucose, GI, b, L, a, and lactose. Kelulut honey has dominant characteristics, namely high total acid and glucose, and low viscosity. Tikung honey from different hive locations can have different characteristics, especially reddish color and brightness, GI, and lactose. This study shows that GI has a negative correlation with glucose and total acid, but has a positive correlation with lactose.*

**Keywords: kelulut; multivariate; OPLS-DA; PCA; tikung**

## PENDAHULUAN

Madu didefinisikan dalam Codex Alimentarius sebagai zat manis alami yang dihasilkan oleh lebah madu dari nektar bunga atau dari sekresi bagian tanaman yang hidup, atau ekskresi serangga penghisap tanaman pada bagian tanaman yang hidup, yang dikumpulkan, diubah, dan digabungkan oleh lebah madu dengan zat spesifiknya sendiri, disimpan dan dibiarkan di dalam sarang madu (Molan, 2012). Komponen utama dari madu adalah karbohidrat, terutama fruktosa, glukosa, dan terdapat 25 oligosakarida lainnya, sehingga termasuk dalam makanan karbohidrat tinggi, akan tetapi memiliki nilai indeks glikemik (IG) yang bervariasi antara 32 hingga 85 tergantung pada lebah dan sumber tumbuhannya (Bogdanov et al., 2008). Indonesia memiliki ragam jenis lebah, diantaranya terdapat dua jenis lebah, yaitu *Apis cerana* L lebah dengan sengat dan *Trigona* sp lebah tanpa sengat (Putra & Kinasi, 2013). Lebah *Apis* merupakan salah satu penghasil madu Tikung yang merupakan salah satu kearifan lokal di Kalimantan Barat, yaitu madu hutan yang diperoleh dari sarang lebah yang terdapat pada pohon Ubah (*Syzygium leptostemon*), Tembesu (*Fragraria fragrans*), Embasung (*Syzygium clariflora*), dan masih banyak lagi (Dewi, 2018). Sedangkan lebah *Trigona* merupakan penghasil madu Kelulut dengan sumber pakan umumnya berasal dari tanaman papaya (*Carica papaya*), kelengkeng (*Nephelium longan*), kenikir (*Cosmos caudatus*), akasia (*Acacia* sp), cabai (*Capsicum* sp), dan putri malu (*Mimosa pudica*) (Nugroho & Soesilohadi, 2014), yang juga banyak dibudidayakan di Kalimantan Barat.

Analisis multivariat merupakan salah satu metode untuk menentukan hubungan dan menganalisis pola di antara kumpulan data yang besar, sehingga diperoleh pengurangan bias dan memberikan hasil yang paling dekat dengan kenyataan. Selain itu analisis tersebut diantaranya juga dapat digunakan untuk melihat pola data, dan mempelajari banyak faktor secara sekaligus (Devulapalli, 2021). Analisis multivariat dengan *Principal Component Analysis* (PCA) yang dilanjutkan dengan *Orthogonal Partial Least Square Discriminant Analysis* (OPLS-DA) telah digunakan untuk membedakan susu dari tempat yang berbeda secara geografis di Cina berdasarkan analisis parameter kimia (asam lemak, isotop, dan unsur mineral) (Zhao et al., 2021). Contoh lain analisis multivariat, yaitu PCA dan OPLS-DA digunakan untuk mengarakterisasi *Hydroxypropyl Methyl Cellulose* (HPMC) dari produsen yang berbeda berdasarkan sifat fisikokimia-nya, hasilnya menunjukkan bahwa variabel umum yang membedakan diantaranya adalah kekerasan, kekuatan tarik, kerapatan curah, porositas antar partikel, indeks kohesi, dan lebar distribusi ukuran partikel (Wan et al., 2021). Analisis multivariat tersebut juga dapat memetakan sampel berdasarkan parameter uji tertentu, yaitu dengan grafik *Biplot*. Hal tersebut dapat diterapkan pada berbagai bidang kajian. Aplikasi grafik *Biplot* telah digunakan dalam melakukan pemetaan karakteristik kemiskian di Provinsi Maluku (Leleury & Wokanubun, 2015), pemetaan penyakit non-konversi di Indonesia (Suryowati et al., 2021), dan pemetaan populasi gandum yang menunjukkan keterkaitan yang jelas antara sifat, genotif, dan lingkungan (Srivastava et al., 2021).

Penelitian terkait perbedaan karakterisasi fisikokimia dan mutu glikemik serta korelasi diantaranya pada madu Tikung dan Kelulut asal Kalimantan Barat masih terbatas. Penelitian ini dilakukan untuk memetakan karakteristik fisikokimia

dan mutu glikemik serta korelasinya pada 3 jenis madu berdasarkan perbedaan jenis lebah dan sumber yang berbeda dengan menggunakan analisis multivariat. Perbedaan jenis lebah, dengan menggunakan madu Kelulut dari lebah *Trigona*, dan madu Tikung dari lebah *Apis*. Perbedaan sumber madu, dengan menggunakan dua sumber madu Tikung yang diletakan pada sarang di pohon berbeda. Karakteristik fisikokimia dilakukan uji kadar air, warna, viskositas, kadar abu, protein, lemak, karbohidrat proksimat, profil gula (glukosa, fruktosa, sukrosa, laktosa), total asam, dan asam galakturonat. Mutu glikemik dilakukan dengan analisis indeks glikemik dengan relawan sehat. Analisis multivariat dilakukan dengan PCA untuk menentukan pengelompokan, kemudian pengelompokan dilanjutkan sebagai kelas pada OPLS-DA sehingga diperoleh pemetaan madu berdasarkan karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik-nya.

## METODOLOGI

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah madu yang berasal dari Kalimantan Barat. Madu kelulut (MK) yang di peroleh dari petani madu di desa Galang, Kalimantan-Barat. Madu Tikung diperoleh dari dua sarang lebah yang berbeda pohon (MT1 dan MT2) di Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat, yaitu Desa Lemboyan.

### Parameter

Analisis proksimat (kadar air, abu, protein, lemak) sampel madu ditentukan dengan metode AOAC (AOAC, 1990, 2000). Kadar karbohidrat dari sampel madu ditentukan dengan cara selisih, yang dihitung dengan cara mengurangkan 100% dengan persentase air, lemak, protein, dan abu (satuan dalam %). Perhitungan jumlah energi yang diperoleh dilakukan dengan menjumlahkan hasil pengukuran protein dan karbohidrat kemudian dikalikan 4, sedangkan perhitungan lemak dikalikan 9 (Lestari & Dewi, 2019).

Penentuan profil gula (glukosa, fruktosa, laktosa, dan sukrosa) dan asam galakturonat dilakukan dengan menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) tipe Beckman dengan *differential refractometer*. Sampel sebanyak 5 g ditambahkan 20 ml etanol absolut:air (80:20) dan 5 ml petroleum eter dalam corong pemisah. Fase etanol-air atau polar ditampung dalam tabung setrifus, lalu dipanaskan di atas penangas air suhu 80°C selama 30 menit. Fase tersebut kemudian disentrifuse dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit. Supernatan ditambahkan 2 ml larutan Pb-asetat 10%, kemudian disentrifus dan dipekatkan sampai volume 25 ml dan disaring dengan siring filter (0.22  $\mu\text{m}$ ). Sampel sebanyak 10  $\mu\text{l}$  diinjeksi dengan kecepatan chart 300mm/jam. Pemisahan gula dilakukan pada kolom kation ( $\text{Ca}^{++}$ ) *exchange resin* dengan fase mobile aquades dan kecepatan alir 0,5 ml/menit (tekanan 250 psi dan suhu 90°C) (Suhardi et al., 1994). Sedangkan total asam diukur dengan menggunakan metode volumetrik (Prisca et al., 2015), dengan menimbang 10g sampel madudilarutkan dalam 75ml air suling dan ditambahkan larutan alkohol fenoltalein. Larutan dititrasi dengan NaOH 0,1mol/dm<sup>3</sup>. Keasaman ditentukan berdasarkan meq/100g.

Analisis sifat fisik madu, yaitu warna dilakukan dengan alat Lovibond Tintometer Model F, sedangkan kekentalan dengan alat Stormer Viskometer (minyak jarak sebagai standar) (Chayati, 2008).

Pengukuran indeks glikemik (IG) dilakukan dengan menggunakan relawan sehat (Lestari et al., 2020) sebanyak 10 relawan (6 orang wanita dan 4 orang pria) dengan 6 data relawan digunakan. Penelitian ini telah lolos uji etik dengan nomor 3698/UN22.9/DL/2018 dari kaji etik Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura. Relawan sehat telah lolos seleksi, yaitu memiliki kadar glukosa darah puasa dibawah 110mg/dl, dan skor indeks masa tubuh (IMT) normal (18-22). Relawan diberikan makanan dengan menu dan jumlah yang sama 9 jam sebelum dilakukan uji. Relawan diberikan sampel madu setara dengan 50 g total karbohidrat, dengan standar yang digunakan adalah 50 g glukosa yang dilarutkan dalam 200ml air. Sampel darah diambil dari kapiler jari dalam waktu 2 jam setelah sampel madu/glukosa dikonsumsi, sehingga diperoleh kadar glukosa darah pada menit ke-0, ke-30, ke-60, ke-90, dan ke-120. Kadar glukosa darah diukur dengan glukometer (Merk GlucoDr, Korea). Hasil uji dibuat dalam grafik dengan waktu pengambilan glukosa darah sebagai sumbu x, sedangkan kadar glukosa darah sebagai sumbu y. Luas area dibawah kurva masing-masing sampel untuk setiap relawan dihitung dengan metode Trapezoid. Nilai IG dihitung dengan membagi luas sampel dengan standart (glukosa) dikalikan seratus.

### **Analisis Data**

Analisis data dilakukan dengan SPSS 26 menggunakan analisis one-way ANOVA dengan uji lanjut Duncan pada taraf  $\alpha$  0,05, sehingga dapat diperoleh perbedaan antar madu disetiap parameter pengujian. Pemetaan karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik antar sampel madu dilakukan dengan SIMCA 14 dengan penskalaan Pareto menggunakan analisis PCA untuk mendapatkan pengelompokan sampel madu yang kemudian hasilnya dilanjutkan sebagai pengkelasan pada analisis OPLS-DA, sehingga diperoleh parameter uji penting pada madu berdasarkan nilai VIP dan karakteristik dominan masing-masing madu, serta pemetaan madu berdasarkan karakteristik fisikokimia dan mutu glikemiknya dengan grafik *Biplot*. Data diperoleh dari 6 kali ulangan.

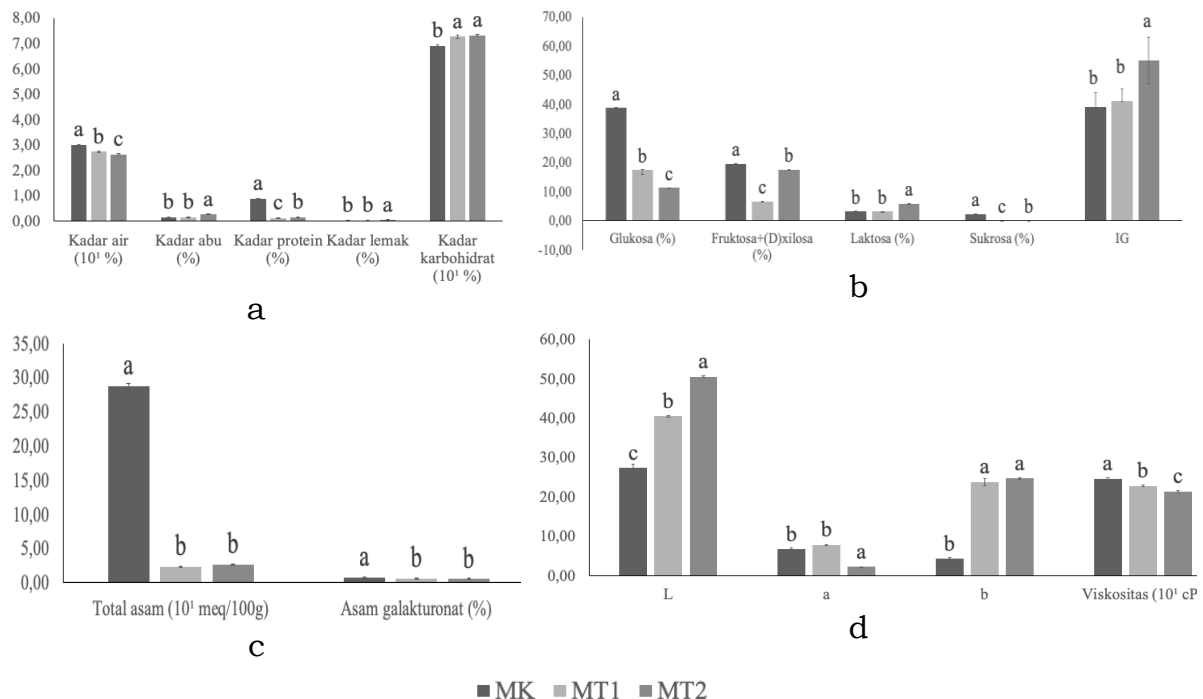
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik madu kelulut (MK) dan tikung (MT)**

Karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik madu kelulut (MK) dan tikung (MT) ditampilkan pada Gambar 1. Hasil menunjukkan bahwa adanya pengaruh ( $P < 0,05$ ) jenis lebah dan dua sarang lebah yang berbeda pohon sumber madu tikung (MT1 dan MT2) pada karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik madu yang dihasilkan (Gambar 1a-1d). Perbedaan karakteristik tersebut diduga karena perbedaan nektar sumber bunga yang dikonsumsi oleh lebah. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa nektar memiliki perbedaan profil gula, dan kandungan asam amino (Kostyco & Chwil, 2022), sehingga karakteristik madu dapat bervariasi tergantung pada nektar yang dikonsumsi oleh lebah (Tafere, 2021). Sedangkan warna pada madu salah satunya dipengaruhi oleh perbedaan komposisi gula dan protein (Kamal et al., 2019).

Indonesia telah menetapkan standar madu dengan mengelompokkan madu, sebagai madu hutan, madu budidaya, dan madu tanpa sengat dalam SNI Madu tahun 2018. Madu hutan dengan madu budidaya memiliki syarat yang relatif sama,

yaitu kadar air maksimal 22%, keasaman maksimal 50, sedangkan madu lebah tanpa sengat berurutan 27,5% dan 200 (BSN, 2018). MK memiliki kadar air diatas yang disyaratkan SNI Madu, yaitu  $30 \pm 0,02\%$ . Akan tetapi Meksiko dan Malaysia memiliki standar mutu kadar air madu tanpa sengat berurutan lebih tinggi dari SNI, yaitu maksimal 30% dan 35% (Hakim et al., 2021).



Gambar 1. Karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik madu kelulut (MK) dan madu tikung (MT1 dan MT2), a) proksimat; b) profil gula dan nilai IG; c) total asam dan asam galakturonat; dan d) warna dan viskositas

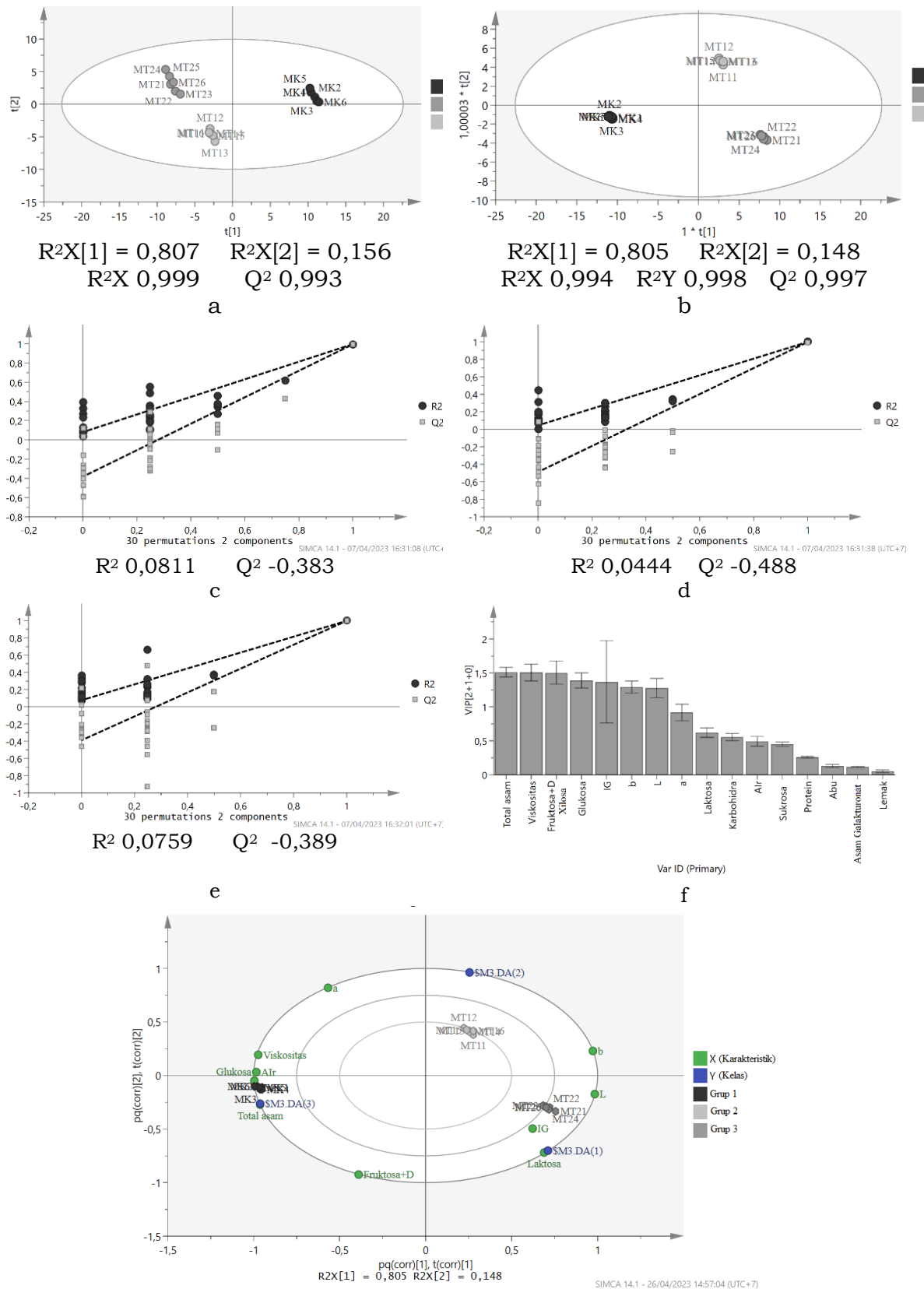
### Analisis Multivariat Karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik madu kelulut (MK) dan tikung (MT)

Analisis multivariat terhadap karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik madu dilakukan dengan menggunakan dua pemodelan yaitu PCA dan OPLS-DA. Gambar 2a menunjukkan hasil pemodelan menggunakan model PCA dengan  $Q^2$  0,993 sehingga dinyatakan prediktabilitas yang baik dan menunjukkan adanya perbedaan karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik antara MK, MT1 dan MT2. Analisis multivariat dengan nilai  $Q^2$  diatas 0,5 menunjukkan prediktibilitas yang baik (Triba et al., 2015), sehingga model PCA dapat digunakan. PCA mengelompokkan madu menjadi 3 grup (Gambar 2a), yang artinya MK, MT1, dan MT2 memiliki perbedaan karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik. Parameter yang membedakan antara ketiga madu tersebut diketahui dengan melakukan pemodelan OPLS-DA dengan menggunakan grup hasil PCA, yaitu menjadi 3 kelas. Analisis OPLS-DA dengan prediktibilitas yang baik ( $Q^2$  0,997) juga menunjukkan pengelompokan yang sama dengan PCA, yaitu menjadi 3 grup. *Score Scatter Plot* hasil OPLS-DA (Gambar 2b) menyumbang 80,5% dan 14,8% (total 95,3%) dari total variasi dalam kumpulan data, sehingga plot tersebut memiliki perkiraan yang sangat baik. Plot yang baik adalah yang dapat mempertahankan varians terbaik, yaitu mewakili lebih dari 95% variasi total (Jolliffe & Cadima, 2016). Validasi model OPLS-

DA juga dilakukan dengan CV-ANOVA ( $< 0,05$ ) dan uji permutasi. Hasil uji permutasi pada 30 permutasi menunjukkan ketiga model kelas telah memenuhi kriteria (Gambar 2c-2e). Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 2c-2e, yaitu 1) semua nilai  $Q^2$  (simbol kotak) sebelah kiri memiliki nilai lebih rendah dari model aslinya disebelah kanan, 2) garis regresi titik  $Q^2$  memotong sumbu vertikal dibawah nol, dan 3) nilai  $R^2$  (simbol lingkaran) sisi kiri memiliki nilai yang selalu lebih rendah dari nilai aslinya disisi kanan. Kriteria tersebut dijelaskan dalam panduan penggunaan SIMCA 14 (Tantau, 2015). Berdasarkan hal tersebut model OPLS-DA tervalidasi dan dapat digunakan untuk memetakan karakteristik madu dalam penelitian ini.

Hasil analisis OPLS-DA menunjukkan nilai *Variable Importance For The Projection* (VIP) diatas 0,5 yaitu pada variabel total asam, viskositas, fruktosa, glukosa, IG, b, L, a, dan laktosa, sedangkan variabel lainnya bernilai dibawah 0,5 (Gambar 2f). Nilai VIP dibawah 0,5 menandakan variabel yang tidak penting dan dianggap tidak mempengaruhi model OPLS-DA yang dihasilkan (Galindo-prieto, 2017). Penjelasan lain mengatakan bahwa plot VIP (Gambar 2f) merangkum pentingnya variabel untuk menjelaskan x (sampel madu) dan hubungannya dengan y (variabel atau karakteristik uji) (Tantau, 2015). Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa karakteristik penting yang membedakan ketiga madu yang digunakan dalam penelitian ini terdapat 9 karakteristik, yaitu berurutan dari yang sangat penting, total asam, viskositas, fruktosa, glukosa, IG, b, L, a, dan laktosa.

Pemetaan karakterisasi fisikokimia dan mutu glikemik madu ditampilkan pada Grafik *Biplot* (Gambar 2g). Pemetaan tersebut dikhususkan pada karakteristik dengan nilai VIP  $> 0,5$ . Sampel MK memiliki posisi yang sama dan berdekatan dengan total asam, glukosa, dan viskositas, yaitu pada x negatif. Artinya MK memiliki karakteristik dominan, yaitu total asam dan glukosa yang tinggi, serta viskositas yang rendah. MK atau madu kelulut merupakan madu yang dihasilkan dari lebah tanpa sengat (*Trigona*). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa madu yang dihasilkan dari lebah tanpa sengat memiliki kadar air dan keasamaan yang lebih tinggi, sedangkan total gula dan aktivitas enzim yang rendah dibandingkan dengan lebah penyengat (*Apis*) (Nordin et al., 2018). Grafik *Biplot* pada dasarnya juga menunjukkan MK terletak pada posisi yang sama dengan kadar air, akan tetapi kadar air memiliki nilai VIP dibawah 0,5 atau garis standar deviasi yang berada di bawah 0,5 ( $0,49 \pm 0,069$ ), sehingga tidak termasuk dalam variabel yang dapat digunakan sebagai pembeda antar sampel pada pemodelan. Hal tersebut didukung oleh nilai *score contribution* yang tinggi antara MK dengan keseluruhan data, bahwa total asam, glukosa, dan viskositas memiliki nilai  $>2$  (Gambar 3a). Sehingga, terdapat tiga variabel dominan (total asam, glukosa, dan viskositas) untuk MT yang memiliki pengaruh penting terhadap pemodelan.

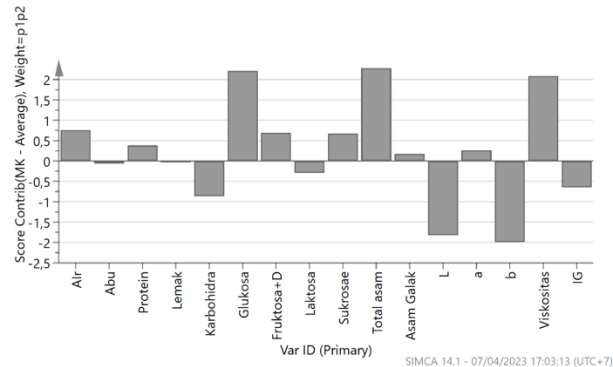


Gambar 2. Hasil analisis multivariat, a) *Score Scatter Plot* PCA; b) *Score Scatter Plot* OPLS-DA; c) uji permutasi grup 1 (MK) OPLS-DA; d) uji permutasi grup 2 (MT1) OPLS-DA; e) uji permutasi grup 3 (MT2) OPLS-DA; dan f) *Biplot* OPLS-DA.

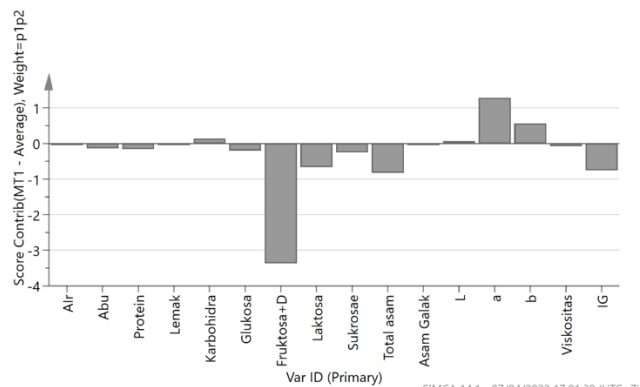
Grafik *Biplot* (Gambar 2g) menunjukkan bahwa MT1 dan MT2 berada pada posisi/letak yang berbeda. MT 1 berada pada posisi y dan x positif, sedangkan MT2 pada posisi x positif dan y negatif. Sedangkan, MK kebalikan dari MT1. Sampel MT (MT1 dan MT2) memiliki titik yang cenderung berdekatan dan sama-sama terletak pada posisi x positif, hal tersebut menunjukkan adanya hubungan kedekatan antara kedua MT (MT1 dan MT2) dibandingkan dengan MK. Sampel MT1 relatif berjauhan dengan titik karakteristik uji (Gambar 2g), akan tetapi memiliki karakteristik warna a dengan nilai *score contribution* >1. Sehingga, dapat dikatakan karakteristik dominan dari MT1 adalah nilai a atau warna kemerahan. Nilai a yang semakin positif mendeskripsikan warna semakin merah (Sinaga, 2019). Grafik *Biplot* (Gambar 2g) menunjukkan MT2 memiliki posisi yang sama dengan IG, L, dan laktosa. Ketiga karakteristik tersebut juga memiliki *score contribution*  $\geq 1$ . Berdasarkan hal tersebut, maka karakteristik dominan dari sampel MT2 adalah nilai IG yang tinggi, L yang tinggi atau lebih terang, dan kadar laktosa yang tinggi. MT atau madu tikung merupakan madu yang diproduksi oleh lebah *Apis*. Perbedaan antara MT1 dan MT2 adalah keberadaan sarang lebah pada pohon yang berbeda yang diambil pada lokasi atau desa yang sama, akan tetapi petani tidak dapat memastikan jenis pohon tempat mengambil madu dari kedua madu tikung yang digunakan. Perbedaan pohon tempat bersarang lebah memungkinkan adanya perbedaan nektar yang dikumpulkan oleh lebah, sehingga hal tersebut diduga adanya perbedaan karakteristik antara MT1 dengan MT2. Hal tersebut diperkuat dengan hasil penelitian pada berbagai sumber nektar menunjukkan bahwa nektar memiliki perbedaan profil gula, dan kandungan asam amino (Kostyco & Chwil, 2022). Komposisi madu bergandung variasi nektar yang dikonsumsi oleh lebah (Tafere, 2021). Perbedaan warna madu dapat disebabkan karena perbedaan komposisi gula dan protein, karena reaksi antar molekul gula dan protein dapat menyebabkan degradasi pigmen (Kamal et al., 2019).

Mutu glikemik madu berdasarkan nilai indeks glikemik (IG) menunjukkan, madu kelulut (MK) memiliki kategori IG rendah dengan nilai  $39,15 \pm 4,94$ , sedangkan madu tikung rendah hingga sedang ( $40,99 - 55,11$ ). Gambar *Biplot* (Gambar 2g) menunjukkan IG berada pada posisi yang sama (xpositif, y negatif) dengan laktosa, akan tetapi berlawanan dengan glukosa dan total asam. Hal tersebut menunjukkan bahwa kenaikan nilai IG berkorelasi positif dengan laktosa, sedangkan negatif dengan glukosa dan total asam. Laktosa merupakan disakarida yang terdiri dari galaktosa dan glukosa, sehingga setelah dipecah memungkinkan untuk meningkatkan kadar glukosa darah. Laktosa merupakan monosakarida yang terdiri dari glukosa dan galaktosa dengan ikatan beta 1,4, didalam tubuh dicerna oleh enzim laktase-prolizin hidrolase atau laktase (pada *brush border* di usus kecil) menjadi glukosa dan galaktosa (Forsgård, 2019). Konsumsi 20 sampai 50 g laktosa dapat meningkatkan kadar glukosa darah 20 mg/dl (Misselwitz et al., 2013). Total asam memiliki korelasi negatif dengan IG, sehingga diduga terdapat komponen asam organik lainnya (selain asam galakturonat) yang mempengaruhi rendahnya nilai IG, seperti vitamin C atau senyawa fenolik. Penelitian komposisi kimia madu dari lebah Trigona dari berbagai tempat menunjukkan adanya perbedaan kadar vitamin C, total fenolik, dan total flavonoid (Agussalim et al., 2022). Mekanisme penurunan kadar glukosa darah ditemukan sebagai akibat penurunan pH pada pemberian asam glukonik, sehingga menyebabkan pembengkakan membran yang

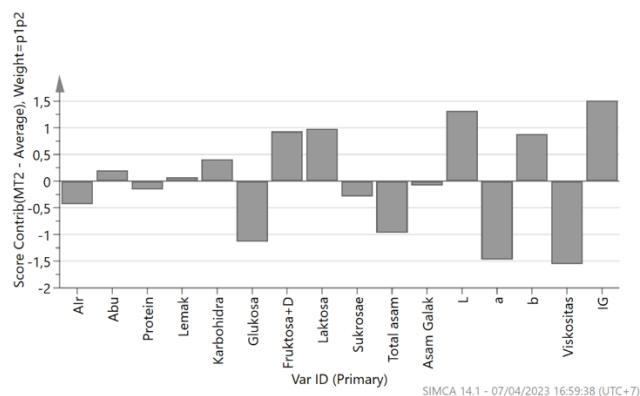
meningkatkan permeabilitas insulin (Traitel et al., 2000). Berdasarkan hal tersebut diduga terjadi mekanisme yang sama dengan pemberian MK yang memiliki total asam tinggi, sehingga memberikan nilai IG rendah atau kenaikan kadar glukosa darah yang relatif lambat karena adanya peningkatan insulin sebagai respon kondisi asam.



a



b



c

Gambar 3. *Score Contribution* variabel atau karakteristik fisikokimia dan mutu glikemik pada, a) MK terhadap rata-rata; b) MT1 terhadap rata-rata; dan c) MT2 terhadap rata-rata. Simbol MK (madu kelulut), MT1 (madu tikung dari sarang lebah 1), dan MT2 (madu tikung dari sarang lebah 2)

## KESIMPULAN

Perbedaan jenis lebah penghasil madu dan pohon sarang lebah dalam penelitian menggunakan madu Kelulut dan madu Tikung memiliki perbedaan karakteristik utama pada 9 karakteristik. Urutan karakteristik tersebut dari yang terpenting adalah, total asam, viskositas, fruktosa, glukosa, IG, b, L, a, dan laktosa. Madu Kelulut memiliki karakteristik dominan, yaitu total asam dan glukosa yang

tinggi, serta viskositas yang rendah. Madu Tikung dari sarang lebah pada pohon yang berbeda dapat memiliki karakteristik yang berbeda terutama, warna kemerahan dan kecerahan, IG, dan laktosa. Penelitian ini menunjukkan IG memiliki korelasi negatif dengan glukosa dan total asam, akan tetapi berkorelasi positif dengan laktosa. Dugaan adanya peran total asam dalam hal ini kandungan asam organik pada madu sebagai agen antihiperlipidemia menarik untuk diteliti lebih lanjut.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini, seluruh responden, dr Diska Astarini selaku tenaga medis pendamping dari Puskesmas Sungai Raya Dalam, dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Agussalim, Umami, N., Nurliyani, & Agus, A. (2022). Stingless bee honey (*Tetragonula laeviceps*): Chemical composition and their potential roles as an immunomodulator in malnourished rats. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(10), 103404. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103404>
- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: A review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(6), 677–689. <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745>
- BSN. (2018). *SNI 8664:2018 Madu*. Badan Standardisasi Instrumen Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. <https://bsilhk.menlhk.go.id/standarlhk/2022/08/10/sni-8664-2018-madu-revisi/>
- Chayati, I. (2008). SiFat FiSikokiMia MaDu MonoFlora Dari Daerah iStiMeWa Yogyakarta Dan JaWa tengah Physicochemical Properties of Monofloral Honeys from Special Region of Yogyakarta and Central Java. *Agritech*, 28(1), yellow colour.
- Devulapalli, V. (2021). *Multivariate Analysis : an Overview*. Students 4 Best Evidence. <https://s4be.cochrane.org/blog/2021/09/09/multivariate-analysis-an-overview/>
- Dewi, Y. S. K. (2018). Kearifan Lokal Madu Hutan “Tikung” Dan Pentingnya Pengelolaan Habitat Lebah. In *Buku Pangan Indoensia Berkualitas* (p. 95). PATPI Indonesia.
- Forsgård, R. A. (2019). Lactose digestion in humans: Intestinal lactase appears to be constitutive whereas the colonic microbiome is adaptable. *American Journal of Clinical Nutrition*, 110(2), 273–279. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz104>
- Galindo-prieto, B. (2017). *Novel variable influence on projection (VIP) methods in OPLS, O2PLS, and OnPLS models for single- and multi-block variable selection*. Umea University.
- Hakim, S. S., Wahyuningtyas, R. S., & Rahmanto, B. (2021). Sifat Fisikokimia dan Kandungan Mikronutrien pada Madu Kelulut (*Heterotrigona itama*) dengan Warna Berbeda. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 39(1), 1–12. <https://doi.org/10.20886/jphh.2021.39.1.1-12>
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065). <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kamal, M. M., Rashid, M. H. U., Mondal, S. C., El Taj, H. F., & Jung, C. (2019). Physicochemical and microbiological characteristics of honey obtained through

- sugar feeding of bees. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 2267–2277. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03714-9>
- Kostyco, M., & Chwil, M. (2022). Nectar Abundance and Nectar Composition in Selected *Rubus idaeus* L. Varieties. *Agriculture (Switzerland)*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/agriculture12081132>
- Leleury, Z. A., & Wokanubun, A. E. (2015). Analisis Biplot Pada Pemetaan Karakteristik Kemiskinan Di Provinsi Maluku. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 9(1), 21–31. <https://doi.org/10.30598/barekengvol9iss1pp21-31>
- Lestari, O. A., & Dewi, Y. S. K. (2019). Total Consumption of Honey Which Provides Low Response To Glycemic. *The Second International Conference on Food and Agriculture*, 2, 349–353.
- Lestari, O. A., Dewi, Y. S. K., & Putri, M. (2020). Mutu Glikemik Kue Bingke Variasi Umbi di Kota Pontianak. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*, 7(2), 80–84. <https://doi.org/10.29244/jmpi.2020.7.2.80>
- Misselwitz, B., Pohl, D., Frühauf, H., Fried, M., Vavricka, S. R., & Fox, M. (2013). Lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and treatment. *United European Gastroenterology Journal*, 1(3), 151–159. <https://doi.org/10.1177/2050640613484463>
- Molan, P. (2012). *The Nature and Composition of Honey*. Professor Peter Molan's Articles. [https://www.academia.edu/2187679/Pdf\\_5\\_The\\_nature\\_and\\_composition\\_of\\_honey](https://www.academia.edu/2187679/Pdf_5_The_nature_and_composition_of_honey)
- Nordin, A., Sainik, N. Q. A. V., Chowdhury, S. R., Saim, A. Bin, & Idrus, R. B. H. (2018). Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: A comprehensive review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 73, 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.06.002>
- Nugroho, R. B., & Soesilohadi, R. H. (2014). Identifikasi Macam Sumber Pakan Lebah *Trigona* sp (Hymenoptera: Apidae) di Kabupaten Gunungkidul Identification Foods Sources of Stingless Bee, *Trigona* sp (Hymenoptera: Apidae) in Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Biomedika*, 7(2), 2–5.
- Prica, N., Zivkov-Balos, M., Jaksic, S., Mihaljev, Z., Ljubojevic, D., Vidic, B., & Savic, S. (2015). Physicochemical analysis as an indicator of the quality of honey originating from Republic Serbia. *First International Symposium of Veterinary Medicine*, May, 396. [https://svd.rs/Arhiva/Zlatibor/Zlatibor\\_zbornik\\_30\\_savetovanje\\_2019.pdf](https://svd.rs/Arhiva/Zlatibor/Zlatibor_zbornik_30_savetovanje_2019.pdf)
- Putra, R. E., & Kinasi, I. (2013). Efficiency of local Indonesia honey bees (*Apis cerana* L.) and stingless bee (*Trigona iridipennis*) on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pollination. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 17(1), 86–91. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2014.86.91>
- Sinaga, A. S. (2019). Segmentasi Ruang Warna  $L^*a^*b$ . *J. Mantik Penusa*, 3(1), 43–46. <https://e-jurnal.pelitanusantara.ac.id/index.php/mantik/article/view/562/336>
- Srivastava, A., Srivastava, P., Sarlach, R. S., & Gururani, M. A. (2021). Biplot analysis for identification of superior genotypes in a recombinant inbred population of wheat under rainfed conditions. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 9(5), 598–609. [https://doi.org/10.18006/2021.9\(5\).598.609](https://doi.org/10.18006/2021.9(5).598.609)
- Suhardi, Tranggono, & Santosa, U. (1994). Perubahan kimia dan sensoris buah salak pondoh selama penyimpanan dalam termodifikasi. *Agritech*, 17(1), 6–9.
- Suryowati, K., JP, M. T., & Nasution, N. (2021). Application Biplot Analysis on Mapping of Non-Convertible Diseases in Indonesia. *Parameter: Journal of Statistics*, 1(2), 11–20. <https://doi.org/10.22487/27765660.2021.v1.i2.15518>
- Tafere, D. A. (2021). Chemical composition and uses of Honey: A Review. *Journal of*

- Food Science and Nutrition Research*, 04(03), 194–201.  
<https://doi.org/10.26502/jfsnr.2642-11000072>
- Tantau, T. (2015). *User Guide to SIMCA Version 14*. MKS Umetrics.
- Traitel, T., Cohen, Y., & Kost, J. (2000). Characterization of glucose-sensitive insulin release systems in simulated in vivo conditions. *Biomaterials*, 21(16), 1679–1687. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(00\)00050-8](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(00)00050-8)
- Triba, M. N., Le Moyec, L., Amathieu, R., Goossens, C., Bouchemal, N., Nahon, P., Rutledge, D. N., & Savarin, P. (2015). PLS/OPLS models in metabolomics: The impact of permutation of dataset rows on the K-fold cross-validation quality parameters. *Molecular BioSystems*, 11(1), 13–19.  
<https://doi.org/10.1039/c4mb00414k>
- Wan, S., Dai, C., Bai, Y., Xie, W., Guan, T., Sun, H., & Wang, B. (2021). Application of Multivariate Methods to Evaluate Differential Material Attributes of HPMC from Different Sources. *ACS Omega*, 6(43), 28598–28610.  
<https://doi.org/10.1021/acsomega.1c03009>
- Zhao, R., Su, M., Zhao, Y., Chen, G., Chen, A., & Yang, S. (2021). Chemical analysis combined with multivariate statistical methods to determine the geographical origin of milk from four regions in China. *Foods*, 10(5).  
<https://doi.org/10.3390/foods10051119>