

Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Air dan Keasaman untuk Mengetahui Kualitas Madu Berbasis Mikrokontroler

Taufik Saputra, Nini Firmawati*

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 28 Juni 2024
Direvisi: 13 Agustus 2024
Diterima: 20 Oktober 2024

Kata kunci:

Kadar air
Keasaman
Madu
Sensor Capacitive Soil Moisture
Sensor pH

Keywords:

Moisture content
Acidity
Honey
Capacitive Soil Moisture sensor
pH sensor

Penulis Korespondensi:

Nini Firmawati
Email:
ninifirmawati@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Madu adalah zat manis alami yang dihasilkan oleh lebah madu dari nektar bunga. Komposisi madu sangat kompleks sehingga manfaat madu sangat besar dalam industri farmasi, makanan, minuman, dan estetika. Salah satu parameter kualitas madu adalah tingkat kadar air dan keasaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas madu berdasarkan kadar air dan keasaman. Untuk menguji hal tersebut, diperlukan alat yang dapat mendeteksi kadar air dan keasaman pada madu. Telah dibuat rancang bangun alat ukur kadar air dan keasaman untuk mengetahui kualitas madu menggunakan sensor *Capacitive Soil Moisture* dan sensor pH. Pengujian alat dilakukan dengan 3 variasi sampel madu yang beredar di pasaran. Hasil pengujian dari 3 sampel madu dengan alat yang dirancang dibandingkan dengan pH meter dan refraktometer brix. Persentase kesalahan yang didapatkan pada pengujian alat yang dirancang 12,5% untuk kadar air dan 3,89% untuk keasaman. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa alat dirancang dapat membaca nilai kadar air dan keasaman pada setiap sampel madu.

Honey is a naturally sweet substance produced by honeybees from the nectar of flowers. The composition of honey is so complex that the benefits of honey in the pharmaceutical, food, beverage and aesthetic industries are enormous. One of the quality parameters of honey is the level of moisture and acidity. This research aims to analyse the quality of honey based on moisture content and acidity. To test this, a tool is needed that can detect moisture content and acidity in honey. The design of a tool to measure moisture content and acidity to determine the quality of honey using capacitive soil moisture sensor and pH sensor has been made. The testing of the tool is done with 3 variations of honey samples available in the market. The test results of 3 honey samples with the designed tool were compared with the pH meter and Brix refractometer. The percentage error obtained in testing the designed tool is 12.5% for moisture content and 3.89% for acidity. Based on the research results, it is found that the designed tool can read the value of water content and acidity in each honey sample.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Madu merupakan zat manis alami yang dihasilkan oleh lebah dengan bahan baku nektar yang terdapat pada bunga. Madu diketahui mengandung lebih dari 200 komponen penyusun, komponen tersebut diantaranya enzim, flavonoid, asam fenolik, senyawa volatil, gula, protein (0.5%), air (17.5%), vitamin dan mineral (Handayani, 2022). Madu telah digunakan sebagai pengobatan alternatif selama ribuan tahun dan memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai obat karena sifat antibakteri, antiinflamasi, antioksidan, antivirus, antijamur, dan antikanker yang dimilikinya (Costa Ferreira da Cruz et al., 2020). Kandungan madu yang kaya akan zat-zat yang unik juga menjadi nilai ekonomis bagi masyarakat, sehingga munculnya produk madu palsu yang sudah dicampur dengan bahan-bahan lain yang membuat kualitas madu berkurang (Putra, 2016). Madu tiruan atau palsu merupakan larutan yang menyerupai madu dan dibuat tanpa pertolongan lebah atau menjadikan gula sebagai pengganti nektar. Pada umumnya madu palsu memiliki warna yang sama dengan madu asli sehingga sulit untuk di bedakan. Madu palsu dibuat dengan merekayasa sifat rasa dan aroma sehingga mirip dengan madu asli (Maiyena, 2017).

Madu dengan kualitas yang baik harus bisa memenuhi ketentuan yang diterapkan oleh Standar Industri Indonesia (SII) Nomor 01-3545-1994. Standar tersebut merupakan kriteria dari mutu madu yang sudah ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) dan merupakan hasil revisi dari Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang syarat mutu madu tahun 1992 (Wulandari, 2017). Tingkat keasaman dan kandungan air pada madu memiliki nilai standar dengan rentang yang telah ditentukan secara nasional. Nilai standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia untuk kualitas madu dapat dijadikan sebagai parameter ukur kualitas madu (Harjo et al., 2015). Kualitas madu di Indonesia memiliki nilai standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) pada kadar air maksimal 22% (SNI, 2018). Tingkat keasaman pada madu tergantung pada jenis madu, Untuk nilai pH pada madu memiliki nilai dengan standar 3,2-6,2 (Lazarov et al., 2022). Kemudian, keasaman madu juga berkaitan dengan kandungan asam organik yang terdapat di dalam madu, di mana kandungan asam organik ini bervariasi pada tiap jenis tumbuhan yang menjadi sumber pakan lebah serta jenis lebah penghasil madu (Adityarini et al., 2020). Warna madu tidak dapat dijadikan parameter disebabkan oleh banyaknya variasi jenis madu yang dihasilkan oleh beberapa daerah di Indonesia. Perbedaan warna madu dipengaruhi oleh jenis sari bunga tumbuhan yang dikonsumsi oleh lebah madu pada wilayah tempat sarangnya berada. Jenis tumbuhan dari tempat sarang lebah juga dapat mempengaruhi variasi warna madu (Lazarov et al., 2022).

Penelitian mengenai kualitas madu berdasarkan faktor tingkat keasaman dan kadar air sudah pernah dilakukan. Namun metode yang digunakan adalah dengan melakukan titrasi pada madu yaitu dengan mencampur madu dengan suatu reaktan hingga diperoleh konsentrasi tertentu dari larutan. Salah satunya oleh (Wulandari, 2017) Penelitian ini menggunakan metode titrasi yang dilakukan secara manual. Proses titrasi yang memerlukan cukup waktu dan ketelitian dalam mencampur larutan titrasi ini kurang efektif, kegiatan ini dilakukan berulang-ulang jika menggunakan beberapa sampel.

Wuryantoro (2015) melakukan penelitian mengenai perancangan sistem pendeteksi kemurnian madu dengan menggunakan LED. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah kadar air saja yang terdapat pada madu dengan cara mengukur intensitas cahaya pada madu. Namun data yang diperoleh oleh peneliti kurang akurat karena LED yang digunakan tidak bervariasi, sehingga warna LED yang paling sesuai dengan medium yang dideteksi tidak diketahui.

Kadar air yang terdapat pada madu juga dapat menjadi tolak ukur kualitas dari madu tersebut. Sehingga cara penyimpanan madu dapat disesuaikan pada suhu tertentu agar pertumbuhan bakteri maupun jamur yang disebabkan oleh banyaknya kandungan air dapat dikendalikan (Winarno, 2004). Alat yang dikembangkan menggunakan sensor kadar air dengan output yang dapat ditampilkan pada LCD. Sensor yang digunakan yaitu soil moisture sebagai input yang memanfaatkan Internet of Things untuk mendapat nilai keluaran. Hasil dari penelitian ini hanya berupa nilai dari kadar air yang diukur.

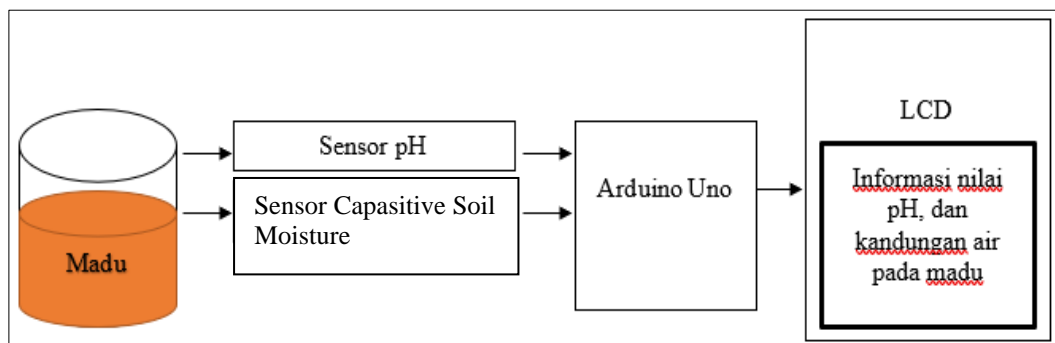
Pengembangan terkait pembuatan alat ukur kadar air dan tingkat keasaman pada madu di Indonesia dibuat secara terpisah. Penggunaan alat secara terpisah dianggap kurang efektif dan efisien. Kualitas madu dapat diketahui melalui banyaknya kadar air dan nilai keasamannya, maka diperlukan suatu sistem yang mampu mendeteksi kadar air dan tingkat keasaman dari madu untuk menentukan keaslian madu dengan cara yang lebih efektif. Sensor pH digunakan sebagai pendeteksi tingkat

keasaman madu dan mendeteksi kandungan air digunakan sensor *Capasitive Soil Moisture*. Nilai tingkat keasaman pada madu yang telah dideteksi oleh sensor diproses oleh Mikrokontroler. Informasi nilai kadar air dan tingkat keasaman madu yang telah diproses oleh Mikrokontroler akan ditampilkan pada LCD sistem, sehingga nilai tersebut dapat dilihat secara otomatis oleh pengguna.

II. METODE

2.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

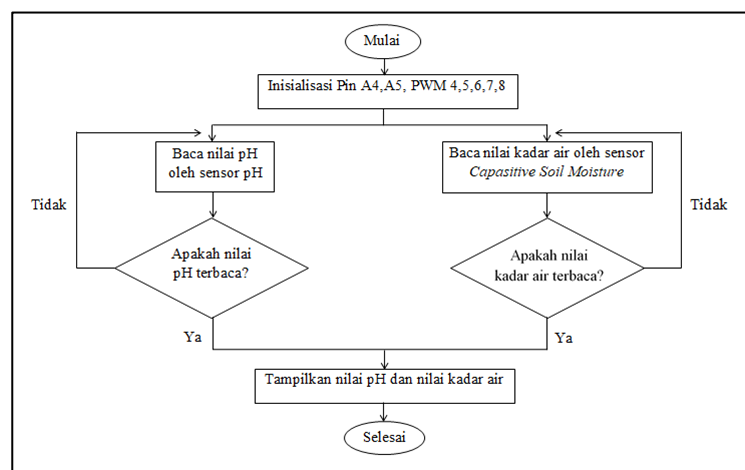
Diagram blok perancangan sistem pengukuran tingkat keasaman dan kandungan air pada madu dapat dilihat pada Gambar 1. Pada diagram blok digambarkan prinsip kerja alat yang diawali dengan penginderaan oleh sensor pH dan sensor *Capasitive Soil Moisture*. Sensor pH mendeteksi tingkat keasaman pada madu, sedangkan sensor *Capasitive Soil Moisture* akan mendeteksi banyaknya kandungan air yang terdapat pada madu. Nilai yang dideteksi oleh masing-masing sensor diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno untuk dapat diketahui nilainya. Besarnya nilai keasaman dan kandungan air pada madu ditampilkan pada layar LCD sistem.



Gambar 1 Diagram blok sistem deteksi tingkat keasaman dan kandungan air pada madu

2.2 Perancangan dan Pengujian Sistem Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini bertujuan untuk memproses sinyal masukan dari sensor pH dan sensor. Perangkat lunak yang digunakan pada sistem ini yaitu aplikasi Arduino IDE yang ditanamkan dalam Arduino Uno. Diagram alir program dapat dilihat pada Gambar 2.



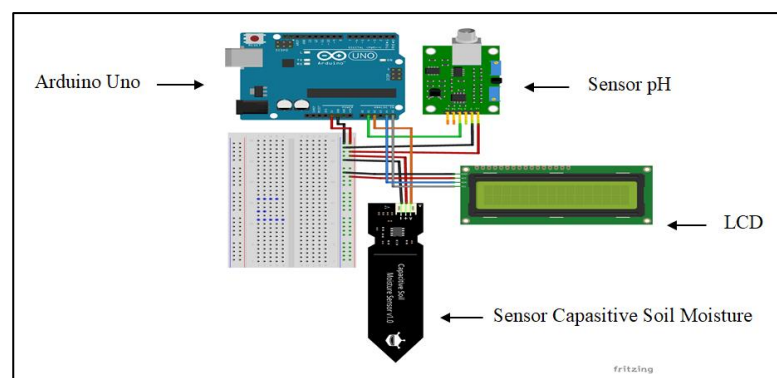
Gambar 2 Diagram alir

Pada diagram alir digambarkan proses program yang diawali dengan inialisasi pin-pin pada Arduino Uno untuk mengatur pin-pin yang diperlukan untuk komunikasi dengan sensor pH dan sensor *Capasitive Soil Moisture*. Mikrokontroller Arduino Uno mengontrol sinyal-sinyal elektronik melalui pin-pin input dan output yang terdapat pada mikrokontroller dengan kedua sensor yaitu sensor pH dan sensor *Capasitive Soil Moisture* masing-masing dengan menggunakan Pin A4, A5 dan PWM 4,5,6,7,8. Sensor sensor pH mengukur tingkat keasaman pada sampel, sementara *Capasitive Soil Moisture* akan mengukur kadar air dalam sampel. Nilai yang didapatkan akan dikirim ke Arduino Uno untuk diproses. Arduino Uno akan memproses data dari kedua sensor. Jika data valid, maka Arduino Uno akan mengirimkan perintah untuk menampilkan nilai tersebut. Nilai pH dan kadar air yang telah diproses kemudian ditampilkan melalui media output pada layar LCD sistem.

Kedua sensor tersebut diujikan kepada sampel. Apabila nilai tidak terbaca, diulangi pengujian dengan membersihkan sensor terlebih dahulu. Sensor dibersihkan dengan cara dicelupkan ke dalam aquades dan dikeringkan dengan kain / tissue. Apabila nilai terbaca, maka nilai pH dan kadar air akan ditampilkan pada layar LCD sistem. Pengujian selesai dilakukan.

2.2.1 Perancangan Koneksi Rangkaian Keseluruhan Sistem

Rangkaian keseluruhan sistem merupakan gabungan dari rangkaian sistem sensor pH, sensor *Capasitive Soil Moisture*, LCD dan Arduino Uno yang dihubungkan dengan baterai. Rancangan alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3. Arduino Uno berfungsi sebagai pengendali utama yang mengolah data dari sensor pH dan sensor *Capasitive Soil Moisture*, kemudian menampilkan hasilnya di LCD. Arduino Uno sebagai mikrokontroller menghubungkan semua komponen lainnya melalui pin-pin yang ada. Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasahan sampel yang terhubung ke pin analog pada Arduino Uno untuk mengirimkan data pembacaan pH. Sementara itu, sensor *Capasitive Soil Moisture* digunakan untuk mengukur kadar air pada sampel yang juga terhubung ke pin analog pada Arduino Uno untuk mengirimkan data pembacaan kadar air. LCD merupakan layar yang digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan nilai pH dan kadar air yang terhubung ke pin digital pada Arduino untuk menerima data dan menampilkan hasilnya. Breadboard yaitu papan tempat menghubungkan semua komponen secara elektronik yang memudahkan penyusunan dan pengaturan koneksi antar komponen tanpa memerlukan penyolderan.

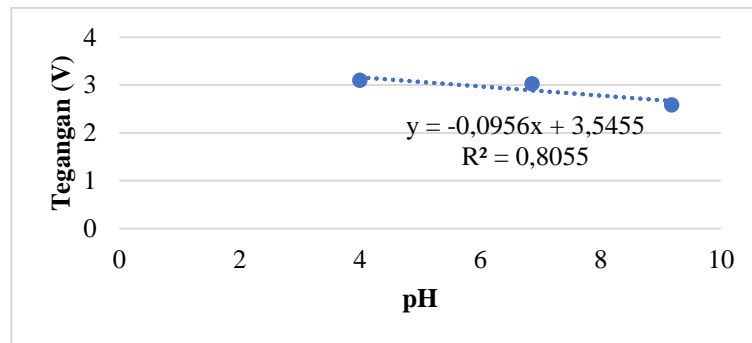


Gambar 3 Perancangan koneksi rangkaian keseluruhan sistem

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Karakterisasi Sensor pH

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui sensor dalam keadaan baik atau tidak, mengarakterisasi sensor, dan mengambil data keluaran sensor. Pengujian sensor menggunakan pH buffer 4,00, 6,86 dan 9,18 masing-masing dilakukan percobaan untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran sensor. Grafik hubungan antara pH buffer 1, 2, dan 3 dengan tegangan yang dikeluarkan sensor pH dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hubungan pH buffer (1,2, dan 3) dan tegangan

Fungsi transfer yang didapatkan menunjukkan bahwa sensitifitas sensor sebesar $-0,0956 \text{ V/pH}$ dan tegangan *offset* sebesar $3,5455 \text{ V}$. Sensitifitas sensor bernilai minus dikarenakan grafik yang menurun, grafik menurun ini disebabkan oleh nilai pH berbanding terbalik dengan tegangan, semakin besar pH maka tegangan semakin kecil. Nilai regresi linier yang dihasilkan mendekati 1 yaitu sebesar $0,8055$. Nilai regresi ini menunjukkan bahwa tingkat kelinieran sensor baik sehingga dapat digunakan sebagai alat ukur pH.

3.2 Hasil Karakterisasi Sensor *Capasitive Soil Moisture*

Karakterisasi sensor *Capasitive Soil Moisture* dilakukan untuk mengetahui sensor dalam keadaan baik atau tidak, mengkarakterisasi sensor, dan mengambil data keluaran sensor. Karakterisasi sensor *Capasitive Soil Moisture* dilakukan dengan mencari nilai rata-rata ADC ketika diberi air dan tidak diberi air dilakukan masing-masing sebanyak 10 kali percobaan. Data Karakterisasi Sensor *Capasitive Soil Moisture* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Karakterisasi Sensor *Capasitive Soil Moisture*

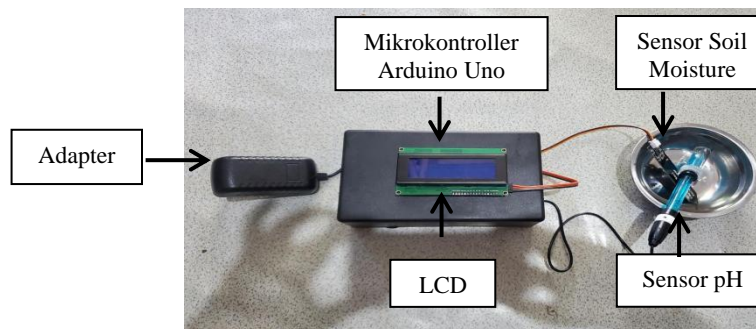
No	Nilai ADC	
	0% Air	100% Air
1	452	247
2	452	250
3	452	249
4	457	252
5	453	250
6	452	252
7	457	251
8	454	251
9	455	252
10	454	249
Rata-rata	454	250

Berdasarkan hasil karakterisasi sensor *Capasitive Soil Moisture* pada Tabel 1 didapatkan nilai ADC 0% air berbanding terbalik dengan 100% air. Dengan ini sensor *Capasitive Soil Moisture* sudah terkarakterisasi sesuai yang diharapkan. Data yang digunakan hanya 0% dan 100% tanpa data diantaranya karena untuk membandingkan antara ada dan tidak adanya kadar air.

3.3 Hasil Pengujian Alat Keseluruhan

Rancang bangun alat ukur kadar air dan keasaman untuk mengetahui kualitas madu berbasis mikrokontroler menggunakan sensor pH dan sensor *Capasitive Soil Moisture* telah selesai dilakukan. Rancangan keseluruhan alat terdiri dari sensor pH, sensor *Capasitive Soil Moisture*, Arduino Uno, LCD,

kabel jumper, dan *bread board*. Rangkaian alat keseluruhan yang sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Rangkaian alat keseluruhan

Perancangan alat dilakukan dengan beberapa tahap pengujian yaitu pengujian perangkat keras, dan terakhir pengujian alat secara keseluruhan. Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan dengan mendeteksi kadar air dan kadar keasaman pada 3 sampel madu yang beredar dipasaran.

Pengujian dilakukan dengan meletakkan cairan sampel pada sensor sesuai dengan tempat yang telah ditentukan. Hasil yang diperoleh dari pengujian ditampilkan LCD. Hasil pengujian dari ketiga sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Besar nilai kadar air yang dideteksi oleh sensor bervariasi untuk ketiga Sampel madu. Madu Sampel A, B dan C memiliki nilai kadar air yang hampir mendekati alat standar yaitu memiliki perbedaan selisih 2%-3%. Sedangkan untuk kadar keasaman pada 3 sampel madu dideteksi oleh sensor sesuai dengan nilai standar yang telah ditetapkan. Sampel madu yang telah diuji pada alat yang dirancang juga di uji pada alat standar. Hasil pengujian pH dan kadar air madu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan hasil ukur tingkat keasaman dan kadar air yang dibuat dengan alat standar

Sampel	pH			Kadar air		
	Alat rancangan	Alat standar (pH Meter)	% Error	Alat rancangan	Alat standar (Refractometer Brix)	% Error
Sampel A	3,74	3,8	1,57	17 %	15 %	13,5
Sampel B	3,55	3,7	4,05	27 %	24 %	12,5
Sampel C	3,5	3,3	6,06	19 %	17 %	11,7
	Rata -rata		3,89			12,5

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai keasaman sampel madu yang diuji menggunakan alat yang dirancang menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan alat standar. Hal ini dapat dilihat dari persentase error rata-rata yang didapatkan yaitu 3,89%. Sedangkan untuk hasil pengujian kadar air madu dapat dilihat bahwa nilai kandungan air pada madu yang diuji dengan alat yang dirancang mendekati alat standar, dengan persentase error 12,5%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian 3 sampel madu dengan alat yang dirancang dan dibandingkan dengan alat standar didapatkan persentase eror nilai keasaman sebesar 3,89%, sedangkan persentase eror nilai kadar air sebesar 12,5%. Dari pengujian alat yang dirancang persentase kadar air cukup tinggi disebabkan saat pengambilan data pada alat yang dirancang terjadi ketidakstabilan pembacaan data pada nilai kadar air oleh sensor *capasitive soil moisture* karena memiliki viskositas dan sifat fisik yang berbeda yang mempengaruhi pembacaan sensor sehingga didapatkan persentase kadar air yang berbeda dengan alat standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityarini, D., Suedy, S. W. A., & Darmanti, S. (2020). Kualitas Madu Lokal Berdasarkan Kadar Air, Gula Total dan Keasaman dari Kabupaten Magelang. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 5(1), 18–24. <https://doi.org/10.14710/baf.5.1.2020.18-24>
- Costa Ferreira da Cruz, B., Ronqui, L., Scharnoski, P., Scharnoski, P., Peruzzolo, M., da Rosa Santos, P., Halak, A., Wielewski, P., Mosconi Magro, J., & Fernanda de Araujo, K. (2020). Health Benefits of Honey. *Honey Analysis - New Advances and Challenges*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88211>
- Handayani, T. H. (2022). Aktivitas Antioksidan, Total Fenolik, dan Total Flavonoid Madu Apis mellifera dari Hutan Akasia (*Accacia crassicarpa*) Riau, Indonesia dengan Beberapa Perlakuan Pengeringan. *Jurnal Biologi Indonesia*, 18(2), 231–243. <https://doi.org/10.47349/jbi/18022022/231>
- Harjo, S., Radiati, L., & Rosyidi, D. (2015). Quality of Water Content, Diastase Enzyme Activity and Hidroximetilfurfural (HMF) in Rubber and Rambutan Honey. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 10(1), 18–21. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2015.010.01.3>
- Lazarov, S., Veleva, P., & Zhelyazkova, I. (2022). Physicochemical characteristics of Bulgarian bee honey: Part 1. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 28(2), 349–354.
- Maiyena, S. (2017). Penggunaan Computed Radiography Untuk Identifikasi Madu Lebah. *Sainstek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 8(2), 186. <https://doi.org/10.31958/js.v8i2.481>
- Putra, R. A. R. (2016). Klasifikasi Kualitas Madu Lebah dengan Perpaduan Polarimeter- Electronic Nose dan Support Vector Machine. *Dalam Tesis*.
- Winarno, F. G. (2004). Kimia pangan dan gizi. *Jakarta : Gramedia Pustaka Utama*.
- Wulandari, D. D. (2017). Kualitas Madu (Keasaman, Kadar Aia, dan Kadar Gula Pereduksi) Berdasarkan Perbedaan Suhu Penyimpanan. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 16–22.
- Wuryantoro, D. (2015). Rancang Bangun Sistem Deteksi Madu Murni dan Campuran Menggunakan IED dan photodiode. *Dalam Skripsi*.