

## DETEKSI KEASLIAN MADU TRIGONA BERDASARKAN NILAI DIELEKTRIK DAN KONDUKTIVITAS MENGGUNAKAN TEKNIK OPEN - ENDED COAXIAL CAVITY RESONATOR PADA FREKUENSI 100 – 1000 MHz

*Dielectric And Conductivity Properties Measurement Of Trigona Honey Based On Open – Ended Coaxial Cavity Resonator At Frequency Range 100 – 1000 Mhz*

Rani Rahmawati Syafrin<sup>1</sup>, Cahyo Mustiko O. M.2<sup>1</sup>, Sudi M. Al Sasongko3<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia  
Email : [rahmawatirani37@gmail.com](mailto:rahmawatirani37@gmail.com)<sup>1</sup>, [mustiko\\_cahyo@yahoo.co.uk](mailto:mustiko_cahyo@yahoo.co.uk)<sup>2</sup>, [mariyantosas@gmail.com](mailto:mariyantosas@gmail.com)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Teknik *Open – Ended Coaxial Cavity Resonator* merupakan sebuah teknik pengukuran *schattering parameter* dengan memanfaatkan gelombang mikro. Penelitian ini menggunakan teknik refleksi gelombang mikro melalui perantara *Open – Ended Coaxial Cavity Resonator* satu port yang terhubung dengan VNWA sebagai alat ukur pada sampel Madu Trigona. Pengukuran dilakukan pada rentang frekuensi 100 – 1000 MHz. Masing – masing sampel Madu Trigona memiliki kadar campuran larutan gula yang berbeda yaitu mulai dari 0% hingga 25% pada interval 5%. Pada proses perhitungan nilai dielektrik kompleks dan konduktivitas menggunakan teknik kalibrasi larutan garam yang memerlukan nilai koefisien refleksi ( $S_{11}$ ) terukur. Pengaruh penambahan larutan gula menyebabkan nilai dielektrik kompleks dan konduktivitas pada frekuensi tertentu semakin meningkat seperti pada frekuensi 502,5 MHz didapatkan nilai dielektrik kompleks campuran dari 15,355 – j18,435 hingga 21,749 – j24,560 sedangkan nilai konduktivitas dari 0,5153 hingga 0,6866 S/m. Sedangkan pengaruh frekuensi menyebabkan perubahan nilai dielektrik kompleks yang semakin menurun dan konduktivitas akan semakin meningkat, seperti pada sampel madu Trigona dengan larutan gula 10% didapatkan nilai dielektrik kompleks dari 38,488 – j55,613 hingga 11,346 – j10,035 dan nilai konduktivitas dari 0,3094 hingga 0,5583 S/m.

**Kata kunci:** VNWA, Madu Trigona, dielektrik kompleks, konduktivitas.

### ABSTRACT

*Open – Ended Coaxial Cavity Resonator* technique is a *schattering parameter* measurement technique by using microwave. This research using microwave reflection technique has been done through the medium of single port of *Open – Ended Coaxial Cavity Resonator* that connected to VNWA as measurement instrument on Trigona Honey samples. Measurement frequencies have been set from 100 to 1000 MHz. Each of Trigona Honey sample contained of different contents of sugar syrup, range from 0% until 25% in 5% length of interval. Complex dielectric and conductivity has been calculated by using saline solution equation where measured values of coefficient reflection ( $S_{11}$ ) are required. Sugar syrup addition causing complex values of dielectric and conductivity were increasing for example at frequency of 502,5 MHz, complex values of dielectric from 15,355 – j18,435 to 21,749 – j24,560 and conductivity values from 0,5153 to 0,6866 S/m. Frequency changing can be resulted in the decreasing of complex values of dielectric and the increasing of conductivity, for examples in Trigona honey sample with 10% sugar syrup where complex values of dielectric were obtained from 15,355 – j18,435 to 21,749 – j24,560 and conductivity values range from 0,5153 to 0,6866 S/m.

**Keywords:** VNWA, Trigona Honey, dielectric complex, conductivity

### PENDAHULUAN

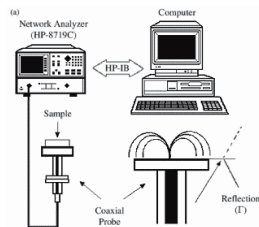
Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3545-2004, madu adalah cairan manis yang dihasilkan lebah madu yang berasal dari berbagai sumber nektar (SNI, 2004). Pada zaman sekarang ini marak pedagang yang melakukan kecurangan untuk mendapatkan untung yang lebih banyak. Beberapa kasus madu yang dijual merupakan

madu oplosan yang telah dicampur dengan larutan gula yang kandungannya menyerupai madu sehingga mengurangi tingkat kemurnian madu. Penelitian ini akan menggunakan suatu alat yang disebut *Open-Ended Coaxial Cavity Resonator* dimana alat ini akan mendeteksi nilai dielektrik dan konduktivitas suatu bahan. Adapun jenis

madu yang akan diuji adalah madu Trigona yang diambil dari peternakan rumahan warga di Lombok Utara.

Setelah dilakukan pengujian nantinya diharapkan dapat diketahui perubahan nilai dielektrik dan konduktivitasnya seiring dengan jumlah kadar larutan gula yang dicampurkan pada madu tersebut berdasarkan perubahan persentase kadar campuran larutan gula yang terdapat didalam sampel madu.

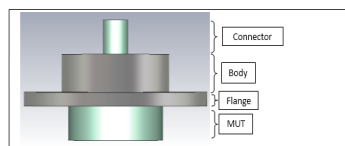
**Open – Ended Coaxial Cavity Resonator.** Open – ended coaxial probe technique adalah teknik open ended coaxial yang bersentuhan dengan Material Under Test (MUT) dan ujung lain terhubung VNWA.



Gambar 1. Skema Teknik Refleksi Open – Ended Coaxial Cavity Resonator

Faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja resonator koaksial yaitu diameter resonator pusat, panjang resonator, loop coupling, bahan resonator, dan frekuensi operasi (Pinfold, 2001).

**Simulasi Perancangan.** *Open – Ended Coaxial Cavity Resonator* didesain menggunakan aplikasi CST *Studio Suite 2014 evaluation version* pada rentang frekuensi operasi 100 MHz – 1 GHz. Proses simulasi ini dilakukan untuk mengetahui perkiraan hasil ukur yang akan didapat berdasarkan dimensi rancangan yang telah ditentukan. Berikut adalah gambar desain rancangannya.



Gambar 2. Rancangan *Open-Ended Coaxial Cavity Resonator*.

Untuk kepentingan simulasi maka diperlukan nilai referensi. Untuk madu digunakan nilai konstanta sebesar 24 dan untuk air sebesar 80,3 (Vega, 2016).

**Perkiraan Nilai Perancangan.** Pada perancangan dilakukan perhitungan perkiraan permitivitas relatif campuran dengan metode

Rayleigh seperti yang ditunjukkan pada persamaan 1 berikut (Looyenga, 1965).

$$\epsilon_m = \epsilon_1 \frac{\frac{2\epsilon_1 + \epsilon_2 + 2V_2 - \frac{1.575(\epsilon_2 - \epsilon_1)}{4\epsilon_1 + 3\epsilon_2} V_2^{3.33}}{\epsilon_2 - \epsilon_1} - V_2 - \frac{1.575(\epsilon_2 - \epsilon_1)}{4\epsilon_1 + 3\epsilon_2} V_2^{3.33}}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \dots \dots \dots (1)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan konduktivitas campuran dengan menggunakan teknik *Rule of Mixture* (Wikipedia, 2016) dengan menggunakan nilai konduktivitas madu referensi dari penelitian Lašáková dkk (Lašáková, 2009). Perhitungan konduktivitas menggunakan persamaan 2 (Rohde, 2006).

$$\sigma = 2\pi f \epsilon_0 \epsilon'' \sigma \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

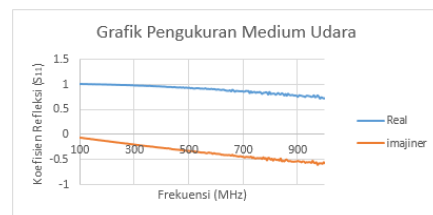
$\sigma$  = konduktivitas (Siemens/meter)

$f$  = frekuensi (Hz)

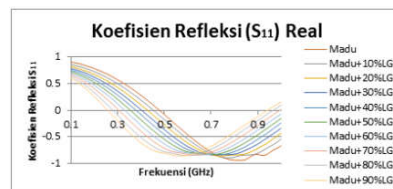
$\epsilon'' \sigma$  = permitivitas imajiner

$\epsilon_0$  = permitivitas ruang hampa (farad m<sup>-1</sup>)

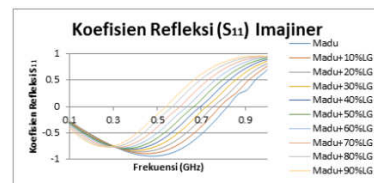
Berikut hasil simulasi  $S_{11}$  real dan imajiner serta dielektrik loss (imajiner)



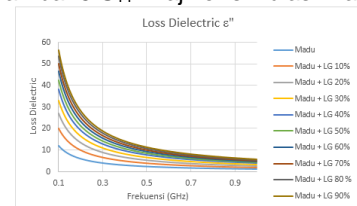
Gambar 3. Simulasi Pengukuran Medium Udara



Gambar 4.  $S_{11}$  real simulasi madu



Gambar 5  $S_{11}$  imajiner simulasi madu



Gambar 6. *Loss Dielectric* simulasi madu

**Vector Network Analyzer (VNA).** Vector Network Analyzer (VNA) adalah suatu RF network analyzer yang banyak digunakan untuk aplikasi desain RF.



Gambar 7. VNA

Proses kalibrasi port kalibrasi tunggal di sini karena hanya diukur  $S_{11}$ . Kit kalibrasi yang termasuk kalibrasi Short circuit, kalibrasi Load, dan kalibrasi Open circuit pada bagian Tx.

**METODE PENELITIAN**

**Fabrikasi dan Persiapan Sampel.** Setelah dirancang maka selanjutnya proses fabrikasi *Open – Ended Coaxial Cavity Resonator*, berikut tampilannya



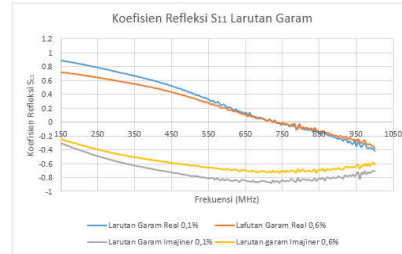
Gambar 8. Dimensi *Open – Ended Coaxial Cavity Resonator*

Selanjutnya pada proses persiapan sampel disiapkan larutan garam dimana nilai dielektrik kompleksnya akan digunakan sebagai nilai referensi pada teknik perhitungan kalibrasi larutan garam. Penelitian ini digunakan larutan garam 0,1 % dan 0,6% untuk perhitungan kalibrasi larutan garam (Lewis, 1980).

Pada persiapan larutan gula, digunakan larutan gula dengan campuran 29,40% gula pasir, 40,80% gula invert (glukosa dan fruktosa), 0,1% garam mineral dan 29,7% air (Rumah Madu Jogja, 2009). Adapun gula invert dibuat dengan takaran 225 gram gula pasir putih, 0,5 gram asam sitrat, dan 175 ml air (Wikihow, 2009).

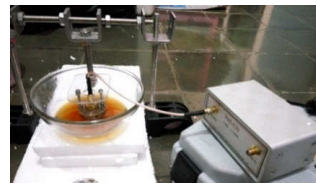
**Pengukuran Sampel.** Pada proses pengukuran sampel dengan menggunakan VNA meliputi pengukuran pada medium udara, larutan garam 0,1% dan 0,6% serta enam sampel Madu Trigona yang lima diantaranya dicampur dengan larutan gula 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%.

A. Pengukuran Larutan Garam. Berikut adalah grafik hasil pengukuran koefisien refleksi ( $S_{11}$ ) larutan garam 0,1% dan larutan garam 0,6%

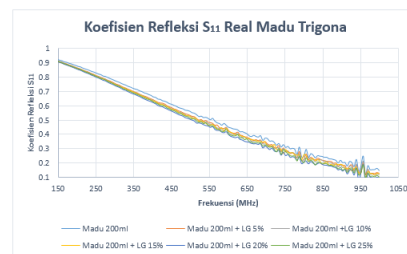


Gambar 9.  $S_{11}$  pengukuran Larutan Garam

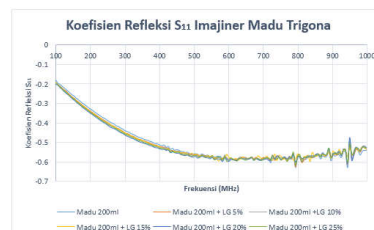
B. Pengukuran Sampel Madu Trigona. Pengukuran sampel Madu Trigona menggunakan pegangan yang dirancang untuk menghindari getaran pada saat pengukuran yang dikhawatirkan dapat mempengaruhi hasil pengukuran.



Gambar 10. Pengukuran Sampel Madu Trigona



Gambar 11  $S_{11}$  Real pengukuran Madu Trigona



Gambar 12.  $S_{11}$  Imajiner pengukuran Madu Trigona

Pada pengukuran dengan menggunakan sampel madu Trigona semakin banyak larutan gula yang ditambahkan pada sampel madu maka nilai koefisien refleksi  $S_{11}$  baik yang real maupun imajiner pola perubahan nilainya akan semakin menurun seiring dengan pertambahan kadar larutan gula seperti dilihat pada Gambar 11 dan 12.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

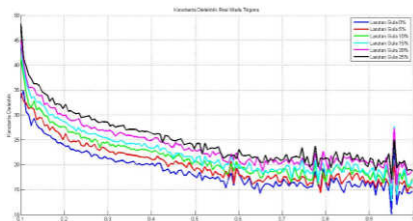
Proses selanjutnya dilakukan perhitungan yang meliputi perhitungan dielektrik kompleks larutan garam dan sampel madu Trigona serta konduktivitas sampel madu Trigona.

Berikut adalah Persamaan 3 yang menunjukkan perhitungan kalibrasi larutan garam (Xie, 2004).

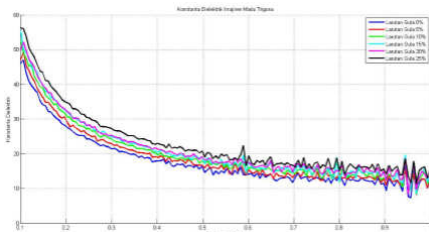
$$\varepsilon^*_m = - \left[ \frac{\Delta_{m1}\Delta_{32}\varepsilon_3\varepsilon_2 + \Delta_{m2}\Delta_{13}\varepsilon_1\varepsilon_3 + \Delta_{m3}\Delta_{21}\varepsilon_2\varepsilon_1}{\Delta_{m1}\Delta_{32}\varepsilon_1 + \Delta_{m2}\Delta_{13}\varepsilon_2 + \Delta_{m3}\Delta_{21}\varepsilon_3} \right] \dots (3)$$

Pada Persamaan 3,  $\Delta_{ij} = \rho_i - \rho_j$  adalah koefisien refleksi yang terukur ( $\rho_1, \rho_2, \rho_3$ ) sesuai dengan tiga kalibrasi material. Kalibrasi dilakukan pada larutan garam 0,1% dan 0,6%. Larutan garam 0,1% memiliki nilai dielektrik *real* lebih besar dibandingkan larutan garam 0,6% seperti pada frekuensi 502,2 MHz didapatkan nilai dielektrik real larutan garam 0,1% sebesar 78,307 dan 0,6% sebesar 75,652. Pada frekuensi 502,2 MHz didapatkan nilai dielektrik imajiner larutan garam 0,1% sebesar  $-j69,695$  dan larutan garam 0,6% sebesar  $-j25,199$ .

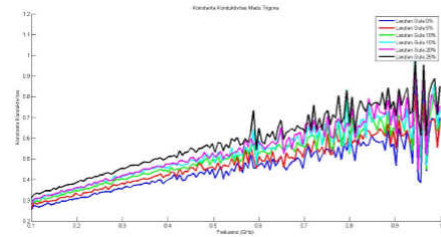
Peningkatan frekuensi menyebabkan perubahan nilai dielektrik kompleks semakin menurun. Pada larutan garam 0,1% didapatkan nilai dielektrik kompleks dari  $78,364 - j116,650$  hingga  $78,134 - j15,728$ . Selanjutnya pada larutan garam 0,6% didapatkan nilai dielektrik kompleks dari  $75,706 - j340,646$  hingga  $75,486 - j37,965$



Gambar 13. Konstanta dielektrik campuran real



Gambar 14. Konstanta dielektrik campuran imajiner



Gambar 15. Konduktivitas campuran

Gambar 13 dan 14 dapat dilihat bahwa pada pengukuran dengan menggunakan sampel madu Trigona semakin banyak larutan gula yang ditambahkan pada sampel madu maka nilai konstanta dielektrik kompleks yang semakin meningkat seperti pada frekuensi 502,5 MHz didapatkan nilai dielektrik kompleks campuran dari  $15,355 - j18,435$  hingga  $21,749 - j24,560$ . Pada konduktivitas campuran sampel madu Trigona seperti yang dilihat pada Gambar 15 pola perubahannya akan cenderung semakin meningkat seperti pada frekuensi 502,5 MHz didapatkan nilai konduktivitas dari 0,5153 hingga 0,6866 S/m.

Peningkatan frekuensi menyebabkan perubahan nilai dielektrik kompleks yang semakin menurun seperti pada sampel madu Trigona dengan larutan gula 10% didapatkan nilai dielektrik kompleks dari  $38,488 - j55,613$  hingga  $11,346 - j10,035$ . Sedangkan pada konduktivitas, peningkatan frekuensi mengakibatkan konduktivitas meningkat, seperti pada sampel madu Trigona dengan larutan gula 10% didapatkan nilai konduktivitas dari 0,3094 hingga 0,5583 S/m.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data yang telah dianalisa, maka dapat disimpulkan:

1. Penambahan larutan gula menyebabkan nilai dielektrik kompleks pada frekuensi tertentu semakin meningkat seperti pada frekuensi 502,5 MHz didapatkan nilai dielektrik kompleks campuran dari  $15,355 - j18,435$  hingga  $21,749 - j24,560$
2. Penambahan larutan gula menyebabkan nilai konduktivitas pada frekuensi tertentu semakin meningkat seperti pada frekuensi 502,5 MHz didapatkan nilai konduktivitas dari 0,5153 hingga 0,6866 S/m.
3. Peningkatan frekuensi menyebabkan nilai dielektrik kompleks semakin menurun seperti pada sampel madu Trigona dengan larutan gula 10% didapatkan rentang nilai dari  $38,488 - j55,613$  hingga  $11,346 - j10,035$ .

4. Peningkatan frekuensi menyebabkan perubahan nilai konduktivitas yang semakin meningkat, seperti pada sampel madu Trigona dengan larutan gula 10% didapatkan nilai konduktivitas dari 0,3094 hingga 0,5583 S/m.

#### SARAN

Pada penelitian selanjutnya, perlu dilakukan pengukuran pada *range* frekuensi yang lebih rendah seperti misalnya pada *range* frekuensi 10 – 100 Mhz untuk menghasilkan nilai pengukuran yang lebih teliti.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Lašáková, d., Nagy, J., dan Kasperová, J., 2009, *Comparison of Water Content and Electric Conductivity in Honey of Various Origin*, University of Veterinary Medicine, The Slovak Republic.
- Lewis, E., L., 1980, *The Practical Salinity Scale 1978 and its Antecedents*, IEEE Journal of Oceanic Engineering Vol. OE5 No. 1, p. 3-8.
- Looyenga, H., 1965, *Dielectric Constants of Heterogeneous Mixtures. Physica vol. 31 Issues no. 3*, p. 401-406, Central Laboratory TNO, Delft, The Netherland.
- Pinfold, M., 2001, *Coaxial Resonator*, tersedia di [www.amalgamate2000.com/radio-hobbies/radio/coaxial\\_resonators.htm](http://www.amalgamate2000.com/radio-hobbies/radio/coaxial_resonators.htm), diakses 12 Desember 2015.
- Rohde dan Schwarz, 2006, *Application Note Agilent Basic of Measuring the Dielectric Properties of Materials*, Rohde & Schwarz Regional Headquarters, Singapore.
- Rumah Madu Jogja, 2015, *Madu Asli, Madu Palsu, Sirup Madu, Madu Oplosan, Madu Tiruan, Madu-Maduan*, tersedia di <http://jualmaduhutandijogja.blogspot.co.id/2015/02/cara-membuat-madu-palsu-madu.html>, diakses 4 Maret 2016.
- SNI, 2004, *SNI 01-3545-2004 : Madu*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Vega, 2016, tersedia di [https://www.vega.com/home\\_us/-/media/PDF-files/List\\_of\\_dielectric\\_constants\\_EN.ashx](https://www.vega.com/home_us/-/media/PDF-files/List_of_dielectric_constants_EN.ashx) diakses 10 Desember 2015
- Wikipoh, 2009, *Cara Menginversi Gula*, tersedia di <http://id.wikihow.com/Menginversi-Gula#>, diakses 15 Mei 2016.
- Wikipedia, 2016, *Rule of Mixtures*, tersedia di [https://en.wikipedia.org/wiki/Rule\\_of\\_mixtures](https://en.wikipedia.org/wiki/Rule_of_mixtures), diakses 02 Juli 2016.
- Xie, C. G., Segeal G., Roux G., Yvette G. S., Bois S. G., Paul H., dan Bourn., 2004, *Methods and Apparatus for Estimating On-Line Water Conductivity of Multiphase Mixtures*, United States Patent No. US 6,831,470 B2, USA.



**Rani Rahmawati Syafrin**, Lahir di Mataram 08 Desember 1992, menempuh pendidikan program Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Universitas Mataram sejak tahun 2011.